

**Juan L. Mascaró**

# **Custos de Infraestrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano.**

Tese apresentada à Congregação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo para concurso de Livre-Docência na disciplina "Metodologia de Avaliação de Custos" do Departamento de Tecnologia.

**UFRGS  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
BIBLIOTECA**

**São Paulo - 1979**

**UFRGS  
FACULDADE DE ARQUITETURA**

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA E ILUMINAÇÃO PÚBLICA

## INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se ao estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para a implantação dos distintos serviços urbanos assim como da análise das principais variáveis manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais através de uma ativa política urbana para o setor.

Compreende uma primeira parte na qual, em seis capítulos, são estudadas as estruturas técnica e econômica dos sistemas de a bastecimento urbano. Analisa-se, assim, o sistema energético (eletricidade e gás), o sistema sanitário (água potável e esgo to) e o sistema viário (pavimentação e drenagem pluvial).

Os capítulos foram ordenados começando pelos sistemas mais di fundidos nas cidades brasileiras, terminando com os mais incipientes. Desta forma o primeiro capítulo aborda o sistema de distribuição de energia elétrica que abastece quase 90% da po pulação urbana do Brasil e termina com a análise do abasteci - mento de gás por canalização, cujas redes são hoje muito peque nas.

Em todos os casos apresentados estudam-se os sistemas comple - tos, incluindo-se as condições e características de cada obra, dando-se, porém, ênfase especial às redes propriamente ditas , pois são nestas que os planejadores urbanos interferem, com suas possíveis decisões morfológicas, fazendo variarem os cus tos dos serviços.

No sétimo capítulo faz-se uma análise de conjunto das redes, ve rificando e destacando quais são as variáveis que serão de maior interêsse para os planejadores urbanos e legisladores do Setor.

Neste mesmo capítulo, faz-se uma projeção para o futuro, da de manda efetiva de serviços no Brasil e se calculam os níveis de inversão que serão necessários realizar para satisfazer esta demanda provável com diferentes políticas setoriais. Demonstra se, nesta parte, a necessidade e utilidade de uma política ur bana ativa que faça diminuir os atuais custos de implantação de serviços. Mostra-se que isso é perfeitamente possível se plani ficadores urbanos e legisladores setoriais tenham clara consci - ência de sua responsabilidade a nível micro e macro-econômico.

INDICE

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	1
Introdução .....	1
I. Generalidades .....	1
1.1. Características Gerais .....	1
II. Órgãos Constituintes do Sistema .....	3
2.1. Sistemas de Geração .....	3
2.2. Sistemas de Transmissão .....	7
2.3. Sistemas de Distribuição .....	13
III. Concepção e Definição dos Modelos a estudar .....	17
IV. Características Físicas Resultantes dos Modelos estudados .....	17
V. Sistemas Construtivos e Custos das Redes dos Modelos	18
VI. Correlação dos Custos desta Rede com diversas Variáveis de interesse e Conclusões .....	21
6.1. Introdução .....	21
6.2. Variação dos custos em função da densidade habitacional .....	23
6.3. Variação de Custos com Desuniformidade da densidade .....	23
6.4. Variação dos Custos com o Tamanho de Áreas servidas .....	23
6.5. Variação de Custos com a Forma da Cidade .....	26
6.6. Custos do Sistema de Iluminação Pública .....	26
6.7. Variação do Custo com o tamanho dos quarteirões .....	30

SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO DE AGUA .....	33
Introdução .....	33
I. Órgãos Constituintes do Sistema de abastecimento de Água .....	33
11. Diretrizes do Trabalho .....	38
II. Concepção e Definição dos Modelos a Estudar .....	39
2.1. Modelos para Rede Secundária .....	39
2.2. Modelos para Rede Primária .....	39
2.3. Parâmetros de Cálculo .....	39
III. Características Físicas Resultantes dos Modelos Estudados .....	40
3.1. Situação Padrão .....	40
IV. Sistemas construtivos e Custos das Redes de Água ..	48
4.1. Custos da Rede Secundária .....	48
4.2. Custos da Rede Primária .....	48
4.3. Custos da Rede de Distribuição .....	52
V. Ligações Prediais e Microligações .....	57
5.1. Caracterização de uma Situação Padrão .....	57
5.2. Custos das Ligações Prediais .....	59
5.3. Local de implantação .....	60
5.4. Situação Típica dentro da Rede de Distribuição	62
VI. Caracterização Física dos Sistemas de Água Encanada	62
6.1. Captação .....	63
6.2. Adução .....	63
6.3. Recalque .....	63
6.4. Tratamento .....	63
6.5. Reservação .....	63
VII. Correlação dos Custos desta Rede com Diversas Vari- áveis de Interesse e Conclusões .....	67
7.1. Situações de Implantação .....	67
7.2. Custo Total do Sistema .....	69
7.3. Custos Anuais .....	69
7.4. Conclusões .....	73
SISTEMAS URBANOS DE ESGOTO SANITÁRIO .....	77
Introdução .....	77
I. Generalidades .....	77
II. Órgãos Constituintes dos Sistemas de Esgoto Sani- tário .....	79
III. Concepção e Definição dos Modelos e Suas Caracte- rísticas .....	88
3.1. Parametros de Cálculo .....	92
IV. Características Físicas Resultantes dos Modelos Estudados .....	92

V. Sistemas Construtivos e Custos da Rede de Esgoto .....	93
5.1. Situação Construtiva da Rede .....	95
VI. Correlação dos Custos desta Rede com Diversas variáveis de Interesse e Conclusões .....	95
6.1. Custo Total das Redes .....	97
6.2. Custo Total das Redes referidas às Areas servidas .....	98
6.3. Forma da Sub-Bacia .....	101
6.4. Declividade da Sub-Bacia .....	101
6.5. Densidade Habitacional .....	105
6.6. Tipo de Traçado Viário .....	107
6.7. Algumas Considerações Finais .....	107
VII. Ligações Prediais de Esgoto Sanitários .....	108
7.1. Sistemas de Ligações Prediais .....	108
7.2. Materiais das Ligações Prediais .....	111
7.3. Custos das Ligações Prediais .....	111
7.4. Situação Típica das Ligações Prediais dos Modelos .....	112
VIII. Caracterização Física e Custos dos Sistemas de Esgoto Sanitário .....	112
8.1. Interceptor .....	114
8.2. Emissário .....	114
8.3. Estação Elevatória .....	114
8.4. Estação de Tratamento de Águas Residuais ..	115
8.5. Caracterização Físicas e Custo dos Sistemas de Esgoto Sanitários .....	115
8.6. Custo Total .....	115
SISTEMAS URBANOS DE PAVIMENTAÇÃO .....	118
Introdução .....	118
I. Generalidades .....	119
II. Detalhes de Construção e Classificação dos Pavimentos .....	119
III. Custos de construção dos Pavimentos .....	125
3.1. Pavimentos Semi-Flexíveis tipo II e Rígidos	125
IV. Correlação dos Custos com Diversas Variáveis de Interesse e Conclusões .....	130
4.1. Variação dos Custos de Pavimentos por Habitação .....	135
V. Conclusões e Recomendações Obtidas .....	140

SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM DE AGUAS PLUVIAIS ..... 142

    Intrôdução ..... 142

    I. Generalidades ..... 142

    II. Órgãos Constituintes do Sistema de Drenagem .... 142

        2.1. Guias ..... 142

        2.2. Sarjetas ..... 143

        2.3. Sarjetões ..... 143

        2.4. Bocas de Lobo ..... 146

        2.5. Conduto de Lijação ..... 146

        2.6. Caixa de Ligação ..... 149

        2.7. Poços de Visita ..... 149

        2.8. Galerias ..... 149

    III. Concenção e Definição dos Modelos e suas Caracte  
        rísticas ..... 149

        3.1. Definição dos Modelos ..... 151

    IV. Características Físicas Resultantes do Cálculo  
        dos Modelos ..... 151

    V. Sistemas Construtivos e Custos das Redes de Drena-  
        gem ..... 152

        5.1. Tubulação (Pré-Fabricada) ..... 152

        5.2. Galerias Moldadas "in loco" ..... 157

        5.3. Comparação de Custos entre Tubos Pré-Fabrica  
                dos e Galerias Moldadas "in loco" ..... 157

        5.4. Estimativa de Custos das Galerias dos Mode-  
                los Estudados ..... 160

        5.5. Pocos de Visitas, Bocas de Lobo e Condutores  
                de Lijação ..... 160

        5.6. Custos Totais dos Diferentes Modelos ..... 162

    VI. Correlação dos Custos desta Rede com diversas Vari  
        áveis de interesse e Conclusões ..... 162

        6.1. Tipo de Tracado da Rede de Drenagem ..... 164

        6.2. Tipo de Traçado das Quadras ..... 166

        6.3. Densidade Habitacional ..... 168

        6.4. Tamanho da Bacia ..... 168

        6.5. Forma da Bacia ..... 170

        6.6. Declividade da Bacia ..... 175

        6.7. Algumas Considerações Finais ..... 177

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS ENCANADO ..... 183

    Introdução ..... 183

    I. Sistemas de Produção de Gás e Outras Alternativas  
        de Energia Domiciliar ..... 183

1.1	Gás Natural .....	183
1.2.	Gás Resultante da destilação de Combustíveis Líquidos .....	184
1.3.	Gás Resultantes de Combustíveis Sólidos ..	184
1.4.	Gás de Xisto Betuminoso .....	185
1.5.	Gás de Lixo Urbano .....	185
1.6.	Gás de Alcool .....	185
1.7.	Outras Fontes de Energia Domiciliar .....	185
II.	Generalidades sobre Sistemas de Distribuição de Gás por Redes .....	186
2.1.	Brasil .....	187
III.	Elementos Constituintes do Sistema de Distribuição .....	188
3.1.	Fonte de Fornecimento do Gás .....	188
3.2.	Linhas de Transmissão .....	192
3.3.	Rede Suporte .....	192
3.4.	Estações Reguladoras de Pressão .....	193
3.5.	Rede de Distribuição .....	196
3.6.	Ligações Prediais .....	197
3.7.	Custos de Transmissão .....	203
IV.	Discussão dos Modelos Estudados .....	206
V.	Custos das Redes dos Modelos .....	208
VI.	Correlação dos Custos desta Rede com as Diversas Variações de Interesse .....	209
6.1.	Tipo de traçado da Rede .....	210
6.2.	Tamanhos dos Módulos na Rede Secundária...	211
6.3.	Comparação entre Rede de Gás de Nafta e de Propano-Ar .....	211
6.4.	Comparação de Custos entre Traçados para Xadrez e para Quarteirão Normal .....	212
6.5	Influencia da Forma da Cidade nos Custos ..	212
CUSTO DE CONJUNTO DAS REDES DE SERVIÇOS URBANOS E SUAS REPERCUSSÕES A NÍVEL MACRO ECONOMICO .....		
1.	Variação do Custo de conjunto das Redes .....	219
2.	Défict Nacional de Serviços Urbanos e sua Avaliação .....	225
3.	Economias Possíveis com Uma Ativa Política Urbana .....	228:
4.	Correlação entre Renda e Demanda Efetiva de Serviços .....	231
5.	Investimentos Anuais para atender a Demanda Efetiva de Serviços Urbanos .....	243
BIBLIOGRAFIA .....		264

## INTRODUÇÃO

O trabalho referente a distribuição de energia elétrica e iluminação pública tem como objetivo primordial o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para abastecerem de energia elétrica determinadas populações e fornecer a iluminação pública à sua rede viária, e a determinação da importância e forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Será dado destaque às variações que possam incidir mais significativamente naqueles custos, bem como aqueles que são manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais, quando da apresentação de soluções para as cidades.

### I. GENERALIDADES

#### 1.1. Características Gerais

Um sistema elétrico de potência é um conjunto de elementos interligados que se encarregam de captar energia primária, convertê-la em elétrica, transportá-la até os centros consumidores e distribuí-la neles, onde é consumida por usuários residenciais, comerciais, industriais, serviços públicos, etc.

A energia primária se transforma em energia elétrica em lugares apropriados, procurando equilibrar custos de produção, transporte e poluição. Como lei geral, o custo unitário de transporte aumenta com a distância a ser percorrida e diminui com a quantidade de energia transportada.

Os sistemas elétricos de potência (nome dado aos sistemas que nos interessam) dividem-se nos seguintes sub-sistemas: produção, transmissão e distribuição.

O transporte da energia é realizado em todos os níveis, diferenciando-se pelas tensões e quantidades de energia que cada um dos seus elementos básicos transporte. Os elementos-base responsáveis pelo transporte que poderiam, genericamente, ser

chamados eletrodutos, são responsáveis por linhas aéreas ou cabos, subterrâneos ou submarinos. Suas designações particulares distinguem o nível a que pertencem.

#### A - Linhas de transmissão -

São Linhas que operam com as tensões mais elevadas do sistema, tendo como função principal o transporte da energia entre centros de produção e centros de consumo, como também a interligação de centros de produção e mesmo sistemas independentes. Em geral, são determinadas em subestações abaixadoras regionais, onde a tensão é reduzida de nível para o início da distribuição a granel pelas linhas de subtransmissão. Em um mesmo sistema pode haver, e em geral há, linhas de transmissão em dois ou mais níveis de tensão.

#### B - Linhas de subtransmissão -

Normalmente operam em tensões inferiores àquelas dos sistemas de transmissão, não sendo, no entanto, incomum operarem com uma tensão também existente nestes. Sua função é de distribuição e granel da energia transportada pelas linhas de transmissão. Nasce nos barramentos das subestações regionais e terminam em subestações abaixadoras locais. Das subestações regionais, em geral, saem diversas linhas de subtransmissão formando rumos diversos. Em um sistema é possível haver, também, dois ou mais níveis de tensões de subtransmissão, como ainda um subnível de subtransmissão.

#### C - Linhas de distribuição primárias -

São linhas de tensões suficientemente baixas para operarem vias públicas e suficientemente elevadas para assegurar boa regulação, mesmo para potências razoáveis. As vezes de desempenham o papel de linhas de subtransmissão em pontes de sistemas.

#### D - Linhas de distribuição secundárias -

Operam com as tensões mais baixas do sistema e em ge

ral seu comprimento não excede 200 a 300 m. Sua tensão é apropriada para uso direto em máquinas, aparelhos e lâmpadas. No Brasil estão em uso os sistemas 220/127 V (entre fases e entre fases e neutro) e o sistema 380/220 V, deriváveis de sistemas trifásicos em neutro, e o sistema 220/110 V, derivável de sistemas monofásicos.

## II. ORGÃOS CONSTITUINTES DO SISTEMA

O sistema é dividido em: geração, transmissão e distribuição.

A parcela econômica maior deste sistema situa-se na primeira parte, ou seja, na geração, correspondendo a ela quase a metade dos investimentos, distribuindo-se a outra metade entre transmissão e distribuição.

### 2.1. Sistemas de Geração

Os sistemas de geração acham-se hoje em franca evolução; podem ser classificados conforme a sua maquinaria primária em:

- sistemas convencionais: centrais a vapor; hidroelétricas; com motores a diesel; com turbinas de gás, termo nucleares.
- sistemas não convencionais: centrais solares, eólicas e geotérmicas.
- sistemas em desenvolvimento: centrais a pilha de combustível; com células solares, pares termoelétricos, termoiônicas.

Abaixo passaremos a fazer algumas considerações sobre alguns desses sistemas de geração.

#### 2.1.1. - Centrais a vapor

O combustível e o ar ingressam no gerador de vapor (caldeira) elevando a temperatura e pressão à quantidades requeridas. Este vapor é levado a uma turbina onde se expande

e ao fazê-lo, gira um eixo, que por sua vez impulsa o alternador, que produz a energia elétrica.

O vapor, uma vez que passou pela turbina, sai com menor pressão e temperatura, mas para reingressar novamente na caldeira em forma de água, passa previamente por um condensador que o resfria ainda mais.

As instalações reais são bastante mais complexas pois têm uma série de elementos adicionais para evitar perdas térmicas, ou seja, para aumentar ao máximo possível o rendimento do combustível usado. Seu rendimento vai até 40% (plena carga).

#### 2.1.2. Centrais hidroelétricas

Um sistema de captação de água concentra o desnível do rio num ponto, acumulando, conseqüentemente, energia potencial. A passagem da água pela turbina permite converter essa energia em cinética primeiro, movimentando uma turbina que finalmente transmite a um alternador - a transforma em energia elétrica.

O sistema de captação de água consiste normalmente numa ou mais barragens que genericamente podem classificar-se nos seguintes tipos:

De materiais soltos, de gravidade, em abóbada.

#### 2.1.3. Centrais termonucleares

Vários são os tipos de centrais nucleares hoje funcionando no mundo, mas a maior parte delas consiste num reator que, por via direta ou indireta, produz vapor ou outro fluido atuante, que aciona uma turbina adequada a sua pressão e temperatura. Em alguns casos, ainda não muito difundidos, o fluido calefacionado pelo reator movimenta uma turbina de gas.

#### 2.1.4. Alguns aspectos comparativos nos distintos tipos de centrais de geração

Para comparar as distintas alternativas de geração, 5 (cinco) são as bases:

- Segurança no fornecimento de energia;
- Poluição e contaminação que o sistema gera no seu entorno
- Flexibilidade na sua utilização, ou seja a possibilidade de colocar ou retirar de serviço em poucas horas uma ou mais unidades de serviço, assim como fazer funcionar um grupo de diferentes potências com alto rendimento energético
- Custo de instalação
- Custo de operação

Normalmente um sistema nunca aparece como ótimo nos cinco aspectos; cada sistema tem vantagens e desvantagens.

Sistemas como os térmicos convencionais têm alta segurança no serviço (não dependem de chuvas como o hidro-elétrico); têm, assim mesmo, um baixo custo de instalação, mas altos custos de operação e, em geral, são altamente poluidores.

Os hidroelétricos têm alto custo de instalação e baixa segurança no serviço (pois dependem das chuvas) mas, têm um baixíssimo custo de operação e sua implantação não produz nenhuma poluição.

As nucleares tem uma grande segurança no serviço, mas, também, um alto custo de instalação e de operação e apresentam um risco de contaminações ainda não avaliado totalmente.

Para potências pequenas, as únicas alternativas são motores diesel ou turbinas de gás, pois o custo de instalação de qualquer outra alternativa é muito superior embora os custos de operação destas pequenas centrais sejam elevados; daí que surge a alternativa de grandes centrais hidráulicas e linhas de transmissão ainda para grandes distâncias.

Para completar o quadro do consumo elétrico é necessário lembrar que ele varia durante as horas do dia e durante os meses do ano.

Durante o período da noite o consumo é pequeno até que entre as 6 e 7 hs. da manhã, aparece uma rápida subida, pois es critórios e fábricas começam seu serviço; aparece uma pequena queda nas horas próximas do meio dia, para apresentar um grande aumento que tem seu máximo no período em que ainda existe a atividade comercial e industrial, no qual é necessário iluminar artificialmente os locais. Durante os meses do ano a demanda de potência também é variável.

Estas variações, sobretudo as diárias, são importantíssimas para organizar o fornecimento, pois a energia introduzida na rede, se não é consumida, se perde; os sistemas termonucleares e de turbinas a vapor, precisam de muitas horas (24 ou mais) para entrar em serviço e, de fato, são inadequadas para cobrir a parte variável da água.

De um modo geral, podemos resumir as principais características dos diferentes tipos, da seguinte forma:

- Hidráulicas. São de grande elasticidade. Têm alto custo de implantação em pequenas instalações, são normalmente antieconômicas. Podem ser utilizadas para cobrir demandas oscilantes.
- Termoelétricas a vapor. Têm um custo de instalação pequeno em potências intermédias. Precisam de várias horas para entrar em serviço e, trabalhando com cargas menores que a máxima, perdem rendimento. Sua utilização ideal é para cobrir o consumo energético da noite (base do diagrama de carga).
- Turbinas de gás e motores diesel. Têm um baixo custo de instalação. Entram em serviço rapidamente. Podem ser usadas para cobrir picos de consumo e, como capacidade de reserva do sistema, para permitir trabalhos de reparação e manutenção dos gerados habitualmente utilizados.
- Termonucleares. Têm alto custo de instalação. Precisam de muitas horas para entrar em serviço. Servem para cobrir a base do consumo (mesma coisa que as de combustível fóssil).

A figura 1 nos dá uma idéia dos custos de instalação e operação dos distintos tipos de centrais elétricas.

#### 2.1.5. Alternadores (geradores de energia elétrica)

Todos os sistemas descritos anteriormente são utilizados para movimentar um alternador, que é a máquina que produz a energia elétrica.

Existem alternadores de todas as potências imagináveis desde pequenos de poucos Kw até os maiores de mais de 1.000.000 de Kw de potência, estes últimos com complexos sistemas de refrigeração seja por hidrogênio, seja por água. A energia perdida na geração, tanto mecanicamente, como eletricamente, transforma-se em calor, que é necessário retirar.

As possibilidades de construção de alternadores em potências muito elevadas, em muitos casos, está condicionada ao transporte de sua parte mais pesada ou mais volumosa.

### 2.2. Sistemas de Transmissão

A energia elétrica, após ser produzida, é transportada muitas vezes para grandes distâncias, para logo ser distribuída. Para o transporte da energia elétrica é necessário primeiro elevar sua tensão, pois a tensão de saída das máquinas geradoras é baixa para se ter um transporte econômico. Como a tensão de transporte é alta antes da distribuição, ela deve novamente ser abaixada.

Assim, as linhas de transmissão têm uma estação elevadora no seu início e estações rebaixadoras em todos os pontos onde é necessária sua distribuição. As estações elevadoras/abaixadoras de tensão são conhecidas como estações transformadoras.

A necessidade das estações aparece pelo fato que o diâmetro (bitola) dos condutores de energia elétrica não é proporcional à energia transportada, senão à intensidade da corrente fornecida.

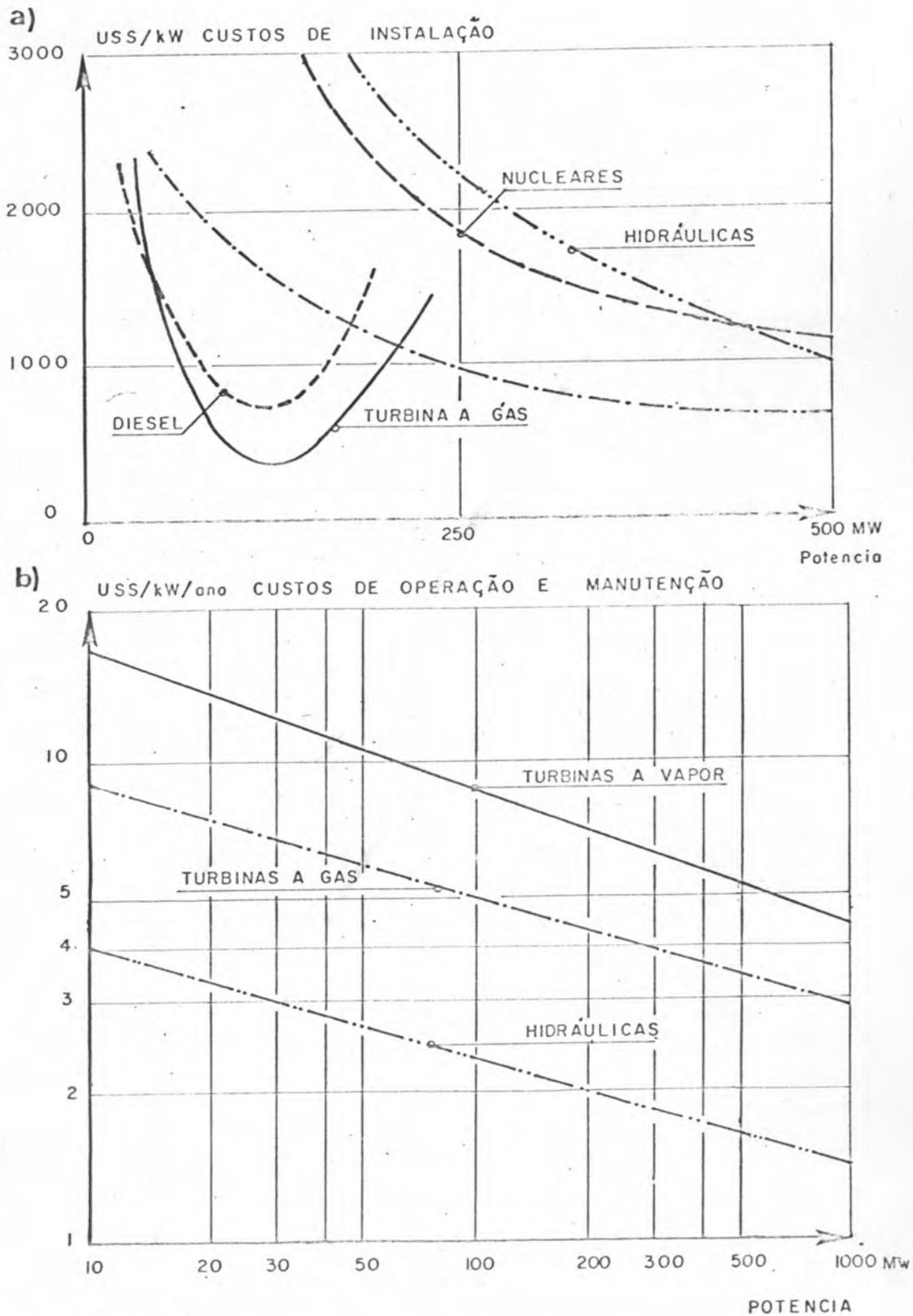


Figura 1  
Custos de instalação, operação e manutenção de centrais elétricas

Fonte:  
Centrales Electricas  
Marcelo Sobrevila - 1977

As estações transformadoras têm um custo grande mas, a economia que permitem no custo da própria linha é tão grande que rapidamente é compensado.

### 2.2.1. Estações transformadoras

O elemento central de uma estação transformadora é o transformador, que tem um núcleo de aço e dois rolamentos: por um deles circula a corrente de baixa, pelo outro a de alta tensão; a diferença de tensão é proporcional ao número de voltas de cada rolamento. As estações transformadoras podem ser interiores (com câmara), de intempérie, ou subterrâneas.

As estações transformadoras interiores frequentemente têm o transformador fora da câmara por razões de segurança, devido que o equipamento está contido em uma cuba de óleo isolante que é inflamável. As barras de alta tensão estão à intempérie. Os locais onde circula alta tensão são independentes dos que contêm baixa tensão.

As estações subterrâneas são adotadas nas grandes cidades nas áreas de alto custo da terra, mas não é uma solução ótima, pois é perigoso que haja inundações por suas posições em baixo da calçada e de incêndios, pelo fato de ter também nelas o transformador (o transformador esquenta em forma natural pelas perdas de corrente quando está baixa a carga elétrica).

As estações pequenas, nos últimos níveis de transformação, nas redes de distribuição podem ser elevadas, o que é uma excelente solução elétrica. O único problema delas é a poluição visual que criam, mas é a solução mais segura e econômica das possíveis; quando são muito pequenas são montadas num só poste, quando um pouco maiores sobre dois postes, e conhecem-se com o nome de "plataformas".

### 2.2.2. Linhas de transmissão

Para a construção de linhas de transmissão existem várias alternativas e combinações delas; as principais são:

- Material a empregar: Existem dois metais utilizados nas linhas de transmissão de energia: cobre e alumínio. O cobre tem menor resistência elétrica, mas tem maior peso e maior custo unitário. Uma análise técnico-econômica dá grande vantagem ao alumínio, como mostra a figura 2, onde pode-se ver que o custo dos condutores de uma linha em alumínio, custa aproximadamente 1/3 dos condutores de uma linha em cobre. Mas como o cobre é mais maleável e - em consequência mais fácil de trabalhar, as linhas em cobre tem menores custos de mão-de-obra e componentes mais simples que a linha de alumínio.

Em condições normais as vantagens do cobre não compensam suas desvantagens e as linhas de alumínio são as mais econômicas, não na proporção da figura 2 pois a incidência dos condutores no custo total da linha de transmissão não é tão grande como normalmente se pensa.

Uma das maiores restrições ao uso do alumínio nas linhas é nas áreas perto do mar, pois o sal do mar corroe este metal e o faz desaconselhável tanto para linhas de transmissão como de distribuição nestas condições:

- Posicionamento da linha (aérea ou subterrânea) as linhas aéreas são sensivelmente mais econômicas, para qualquer comprimento e qualquer tensão. As linhas subterrâneas são recomendáveis quando a poluição visual é levada em consideração e pelo perigo que linhas de alta tensão podem representar em áreas densamente povoadas. A economia é tão importante que em linhas rurais não há dúvida alguma. As diferenças de custo podem-se ver na figura 3.
- Tipo de corrente transmitida: Atualmente para grandes tensões e grandes distâncias está-se desenvolvendo a transmissão por corrente contínua que, apesar da maior complexidade do sistema (é necessário uma dupla conversão adicional) - em determinados casos resulta mais econômica, co

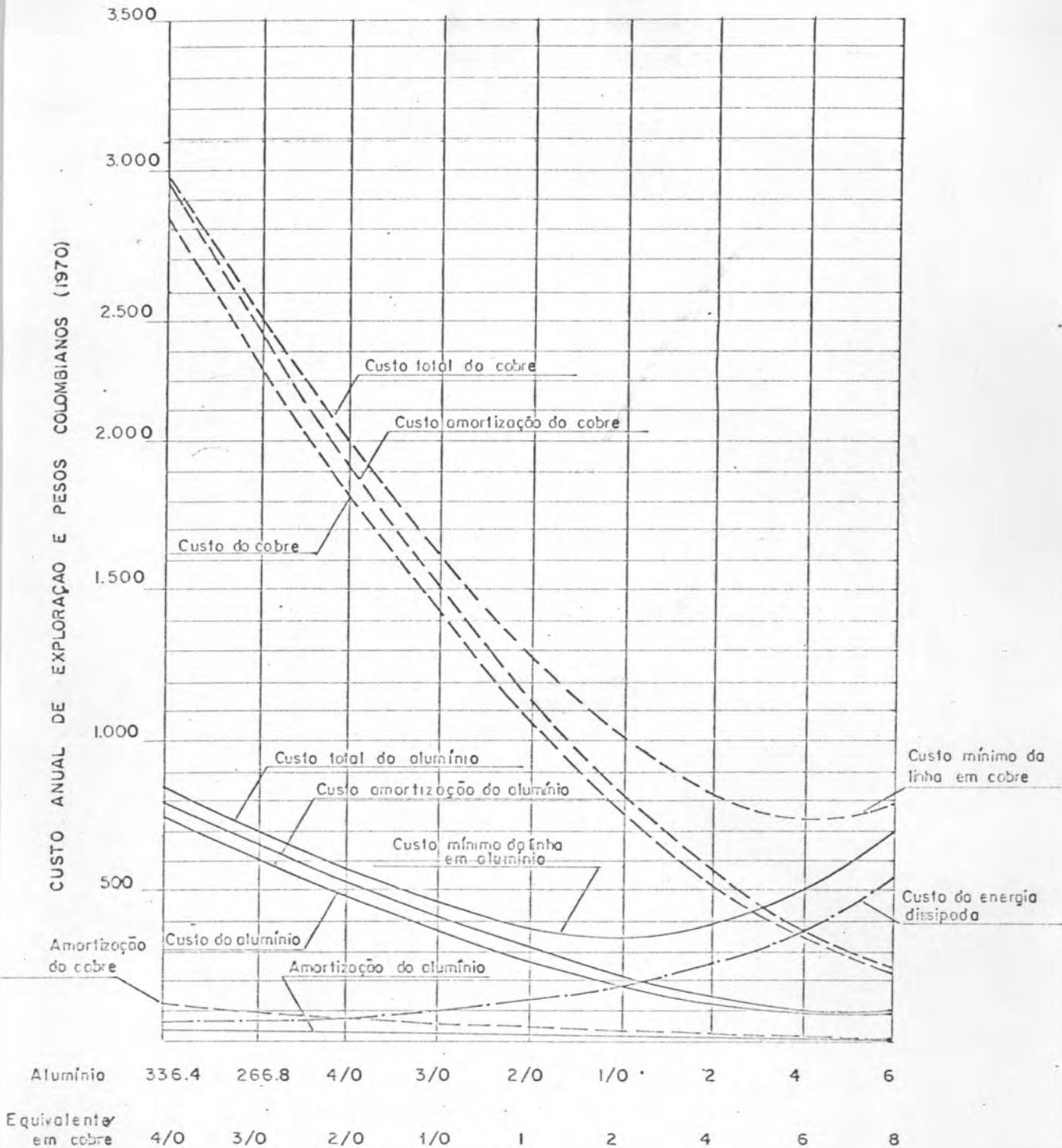


Figura 2  
Custo de condutores de alumínio e cobre, elétricamente equivalentes (aplicação da Lei de Kelvin)

Fonte:  
Estudio de Normas Minimas, Anibal Lopes Tujillo y Otros - Colombia 1971

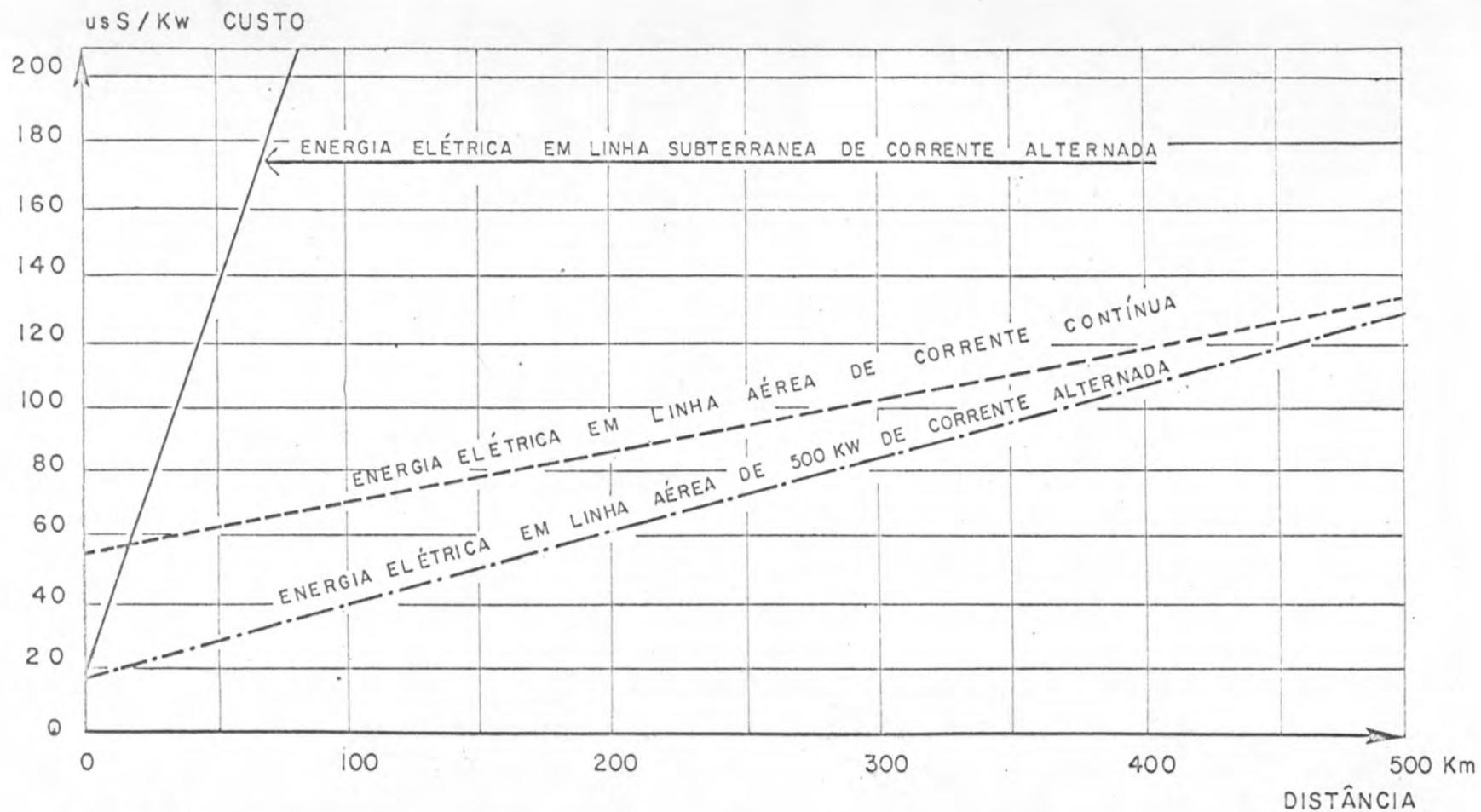


Figura 3  
Custos de energia elétrica para diferentes distâncias e diferentes sistemas de transmissão.

Fonte:  
A Hirogen - Energy System - American Gas Association  
Institute of Gas Technology - 1973

mo mostra a figura 2.

### 2.3. Sistemas de Distribuição

Este sistema tem duas partes fundamentais como os outros sistemas de distribuição nas cidades (água, gás, etc.): uma rede primária e uma rede secundária que alimenta realmente os usuários e que é alimentada pela primeira. A rede primária tem uma tensão geralmente entre 1000 a 45000 Volts, a secundária de 110/220 ou 220/380 Volts; entre as duas redes existe um conjunto de estações transformadoras.

Existem três possibilidades para a forma de distribuição deste sistemas: a aérea (ou convencional); a sub-terrânea e a pré-unida sendo que essa última representa um estágio intermediário tanto do ponto de vista estético como econômico. A figura 4 nos mostra os custos de distribuição entre as soluções pré-unida e convencional.

Pela comparação de custos pode-se ver na tabela I, e na figura 4 que mostram que as linhas pré-unidas são geralmente 100000% mais caras que as convencionais. Mas esta diferença não é tão grande para que este tipo de linhas não seja, em muitos casos, interessante; a prova disto é que a diferença entre linhas com postes de madeira e de concreto é maior e, em muitos casos, se opta pelo segundo, apesar do incremento de custo.

A mão de obra nas linhas pré unidas é mais econômica (sua colocação é mais fácil), geralmente uns 20% a menos. Sua manutenção é mais simples, a linha é mais segura, etc.

Nas linhas subterrâneas, os custos se triplicam ou quadruplicam com respeito a linha aérea convencional, o que faz com que este tipo de linha seja estritamente reservada a áreas de altíssima densidade, onde a linha (ainda que muito mais cara) pode ser amortizada por um número grande de usuários.

Essa diferença tende ainda a crescer nos casos de densidades de consumo muito baixos, pelo fato de que a rede de

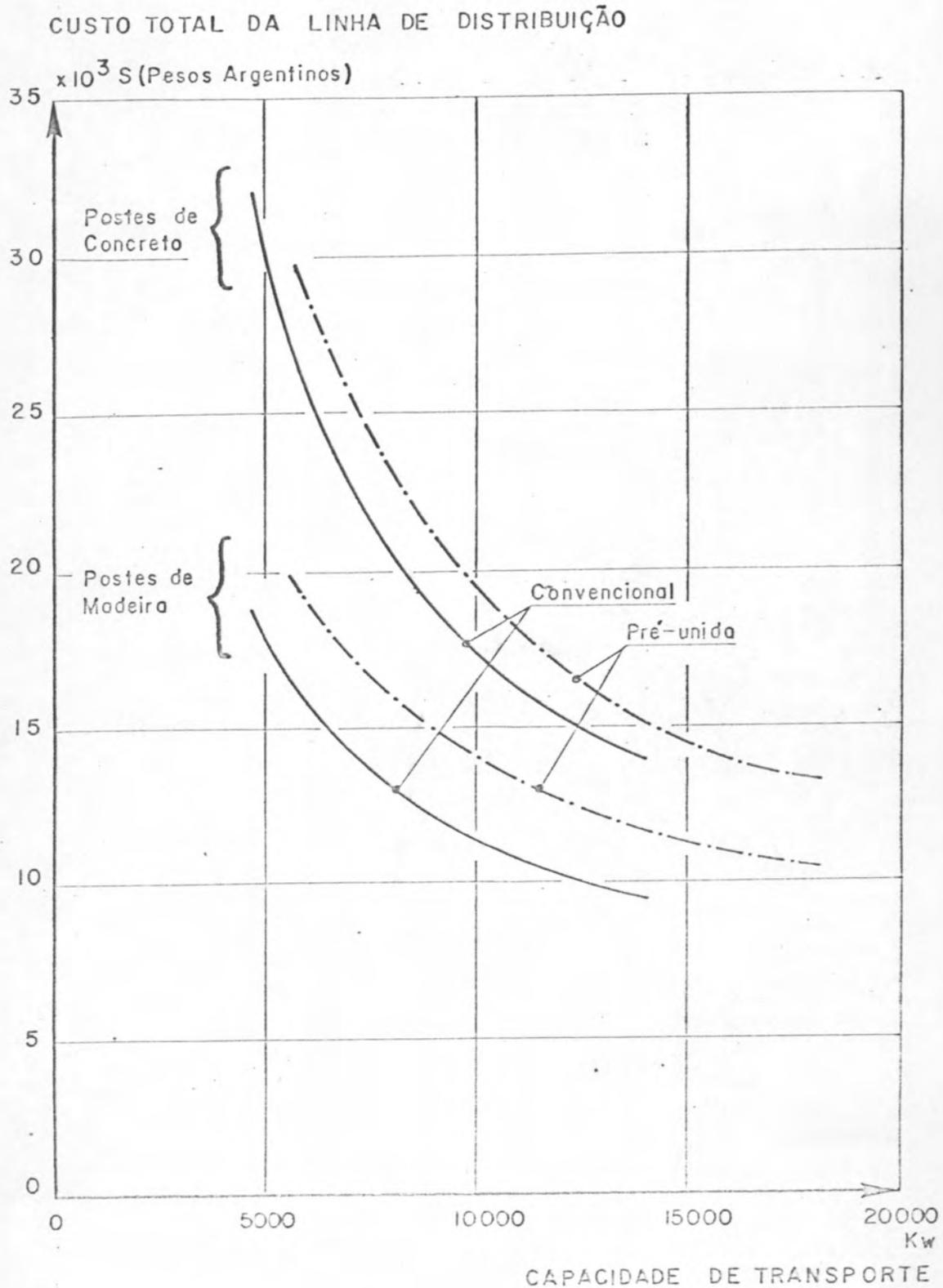


Figura 4  
Custos das linhas de distribuição pré-unidas e convencionais em  
\$ (Peso Argentino - julho 1976) por Kw

Fonte:  
Ingenieria de Distribuición  
Serviços Elétricos Gran Buenos Aires

TIPO DE LINHA	LINHA AÉREA DE B.T. CONVENCIONAL						LINHA AÉREA DE B.T. PRÉ-UNIDA						
	MADEIRA			CONCRETO			MADEIRA			CONCRETO			
1 Secção dos Condutôres	3x25+25	3x50+25	3x95+50	3x25+25	3x50+25	3x95+50	3x25+25	3x50+25	3x95+50	3x25+25	3x50+25	3x95+50	
2 Capacidade Térmica (KVA)	65	100	160	65	100	160	65	90	120	65	90	120	
3 Capacidade de Transporte ( $\Delta V=5\%$ $\cos\phi=0,8$ KwM)	4.800	8.600	14.000	4.800	8.600	14.000	5.700	10.700	18.200	5.700	10.700	18.200	
4 Custo dos Materiais em \$	50.700	60.600	88.500	80.500	90.400	118.300	77.590	103.890	151.590	107.190	133.490	181.190	
5 Custo da Mão-de-obra, Transporte e Equipamento em \$	45.500	45.500	45.500	77.600	77.600	77.600	35.800	35.800	35.800	62.700	62.700	62.700	
6 Custo de Instalação (4+5)	\$	90.200	106.100	134.000	158.100	168.000	195.900	113.390	139.690	187.390	169.890	196.190	248.890
	%	85	100	126	149	158	184	107	131	176	158	185	234
7 Custo de Manutenção Corretivo e Preventivo juros 8% VU=anos	38.450	38.450	38.450	12.290	12.290	12.290	29.200	29.200	29.200	-	-	-	
8 Custo Total da linha (6+7)	\$	128.650	144.550	172.450	170.396	180.290	208.190	142.590	168.890	216.590	168.890	196.190	248.890
	%	89	100	119	118	125	144	99	117	150	117	156	172

Tabela I - Comparação de custos de linhas convencionais e linhas com condutores pré-unidos

Fônte : Engenharia de Distribuição - SEGBA (Servicios Electricos Gran Buenos Aires) - 1976

Nota - \$ Peso Argentino 1976

TIPO DE LINHA		LINHA AÉREA DE B.T. CONVENCIONAL						LINHA AÉREA DE B.T. PRÉ-UNIDA						
TIPO DE POSTE		MADEIRA		CONCRETO				MADEIRA		CONCRETO				
9	Custo Materiais Conexões	.69.396	69.396	69.396	91.256	91.256	91.256	113.305	113.305	113.305	135.505	135.505	135.505	
10	Custo de Mão-de-Obra Transporte e Equipa- mento para Conexões	39.376	39.376	39.376	58.528	58.528	58.528	29.500	29.500	29.500	45.500	45.500	45.500	
11	Custo da Manutenção Corretiva e Preven.	140.000	140.000	140.000	40.000	40.000	40.000	10.000	10.000	10.000	-	-	-	
12	Custo total das Conexões (9+10+11)	\$	122.772	122.772	122.772	153.734	153.734	153.734	152.805	152.805	152.805	181.005	181.005	181.005
		%	100	100	100	125	125	125	124	124	124	149	155	155
13	Custo total in- cluída Conexões (8+12)	\$	251.422	267.322	295.222	324.130	334.024	361.924	295.395	321.695	369.395	349.895	387.195	439.895
		%	44	100	110	122	125	135	111	120	138	131	144	164
14	Custo de instalação em relação a capaci- dade de trans.(6/3)	18,8	12,3	9,6	33,0	19,5	14,0	19,9	13,1	10,3	29,5	18,3	13,3	
15	Custo total da linha em relação a capaci- dade de transpor. 8/3	26,8	16,7	12,3	35,0	20,8	14,9	25,0	15,7	11,8	29,5	18,3	13,3	
16	Custo total (c/cone- xão) em relação a ca- pac. de transp. 13/3	52,5	31	21	67,5	39	25,3	51,5	30	20,1	61,5	35	23,3	

Tabela I. - Comparação de custos de linhas convencionais e linhas com condutores pré-unidos (continuação)

Fônte : Engenharia de Distribuição - SEGBA (Servicios Electricos Gran Buenos Aires) - 1976

Nota : \$ Peso Argentino 1976

transformadores, que as linhas de distribuição precisam no caso das linhas subterrâneas, têm custos fixos maiores, que as linhas aéreas.

### III. CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DOS MODELOS A ESTUDAR

A análise econômica do sistema de abastecimento de energia foi, como o de todas as outras redes, estudada através de modelos determinísticos. Tanto para a rede primária como para a secundária determinou-se os parâmetros de influência do ponto vista do custo de instalação.

Os modelos para a rede secundária foram definidos em estreita relação com os traçados urbanos e as densidades das áreas a abastecer. Esses modelos são definidos através da associação de um tipo de traçado com um módulo que seria uma certa área dentro da qual se assume uma densidade demográfica bruta uniforme.

Os modelos para a rede primária ficaram definidos a partir da composição sistemática de módulos, conseguindo-se dessa forma variações de área e de forma dentro de limites pré-estabelecidos. Os custos ficam portanto definidos em função da modificação da forma das áreas.

Os modelos para a rede de distribuição de energia fica, logicamente, em função da relação entre modelo de rede primária e modelo de rede secundária.

### IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS RESULTANTES DOS MODELOS ESTUDADOS

Aplicando-se a metodologia de cálculo para as redes dos modelos mencionados acima, definindo-se as características físicas de cada uma delas - diâmetro de condutores e seu comprimento, tipo e quantidade de postes, tipo, localização e quantidade de transformadores ou seja, todos os parâmetros físicos que são base para a avaliação econômica das redes.

Dados mais detalhados podem ser encontrados no trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura nas Cidades de Porte Médio" do Grupo de Economia e Racionalização da Construção da FAUUSP, cap. I, pag. 100.

#### V. SISTEMAS CONSTRUTIVOS E CUSTOS DAS REDES DOS MODELOS

Para definir os custos de cada um dos modelos estudados, foi necessário não só dimensionar as redes e determinar a quantidade de cada parte que as compõem, como também definir os sistemas construtivos que provavelmente seriam empregados para a execução de cada uma delas, assim como os preços unitários correspondentes.

As figuras 5 e 6 nos dão as frequências de aparecimento dos diferentes diâmetros de condutores e dos diferentes tipos de pontos das redes dos modelos. Após o cálculo elétrico, um compute métrico para cada rede de cada modelo, permitiu conhecer as quantidades a executar de cada parte.

No que se refere aos condutores, foram consideradas fiação em cobre e em alumínio. Para as estruturas de suporte das linhas considerou-se postes de concreto e madeira de eucalipto tratada com suas complementações correspondentes.

Em base às condições explicadas, foram calculados os custos das redes de cada um dos modelos:

- custo do fornecimento de energia elétrica, discriminando em rede primária, secundária e total. Com base na população e área de cada modelo, foi estimado o custo por usuário e por hectare.
- custo de fornecimento da iluminação pública, total e, como no caso anterior, com base na população e área abastecida, estimou-se o custo por usuário e por hectare.

Cada um destes valores foi estudado para as quatro combinações usuais de materiais básicos.

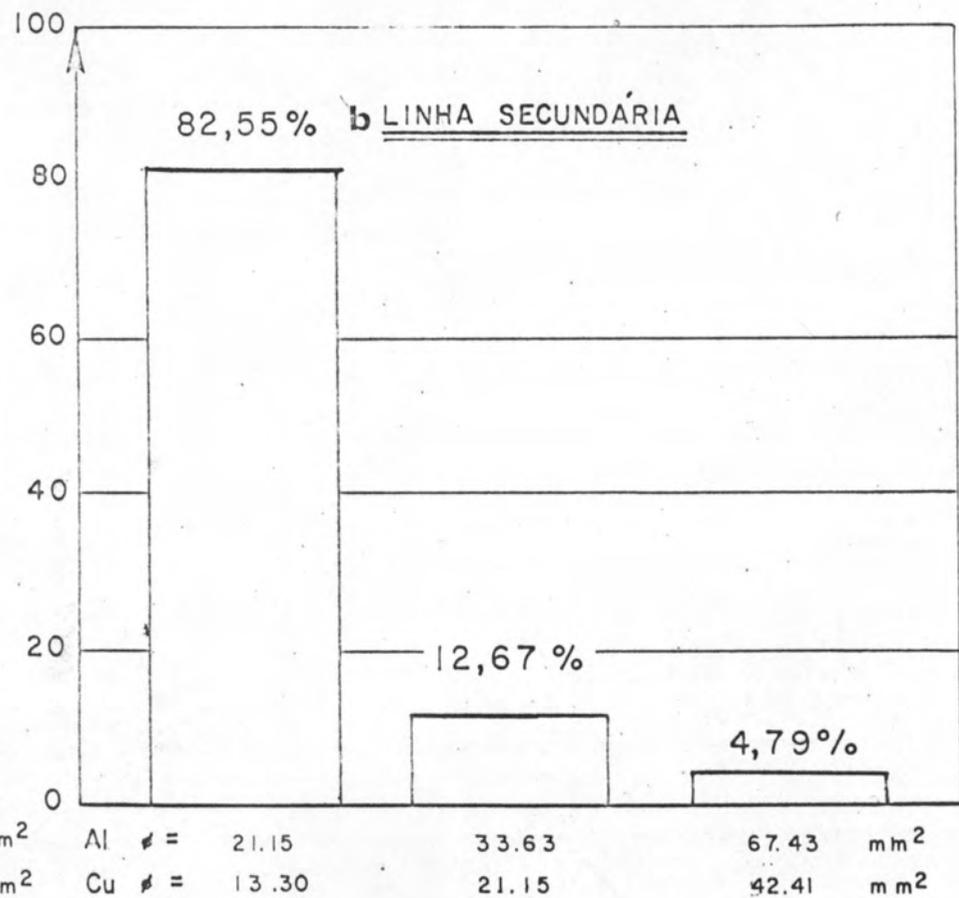
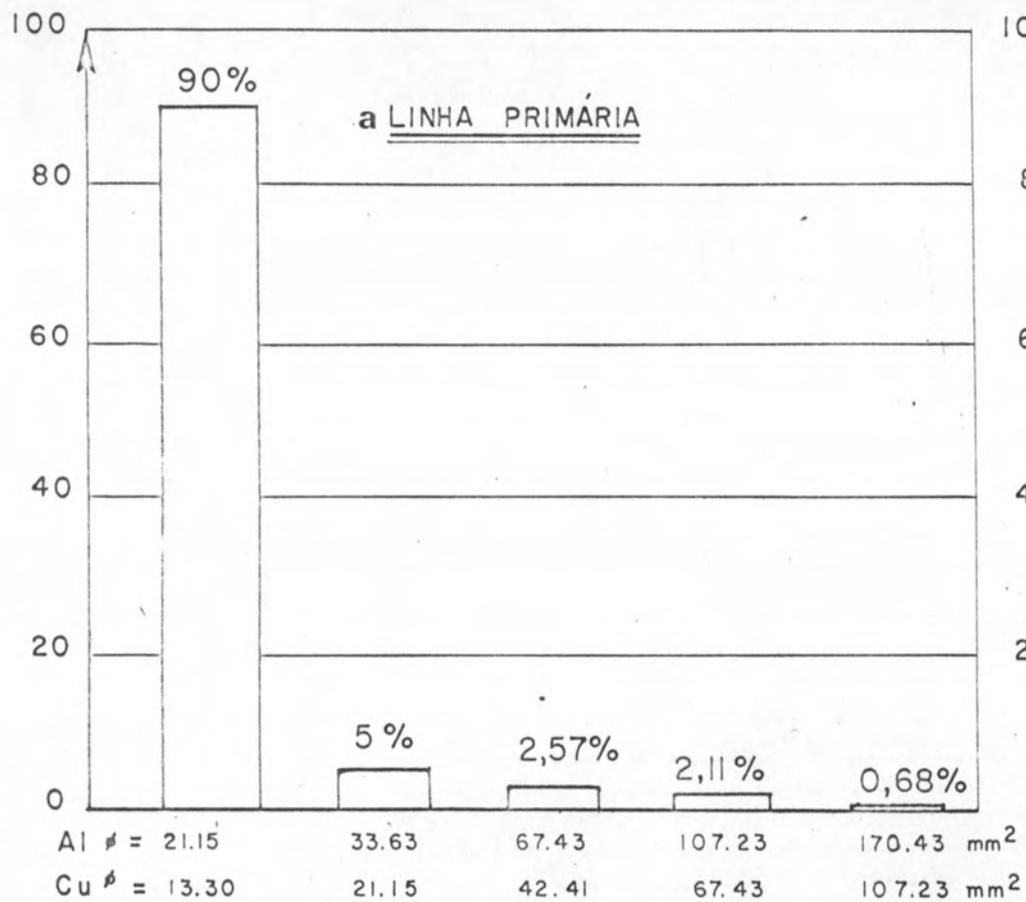


Figura 5  
Frequência de aparecimento dos diferentes diâmetros de condutores nas redes dos modelos

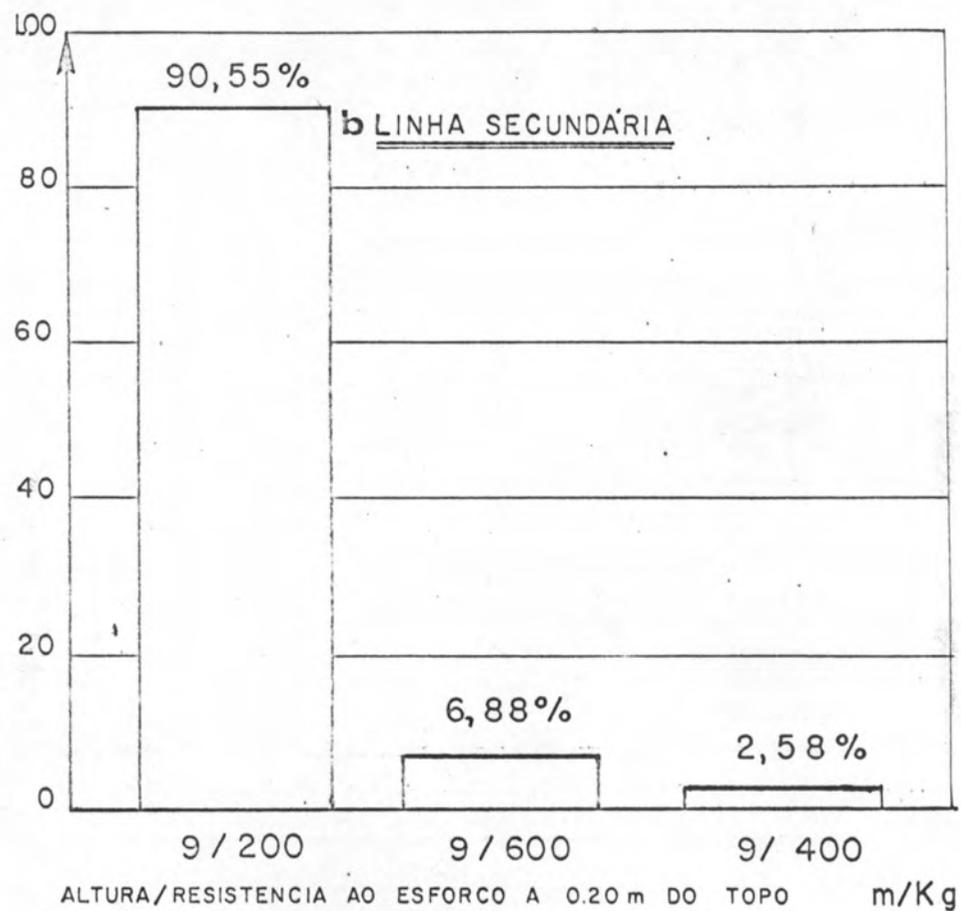
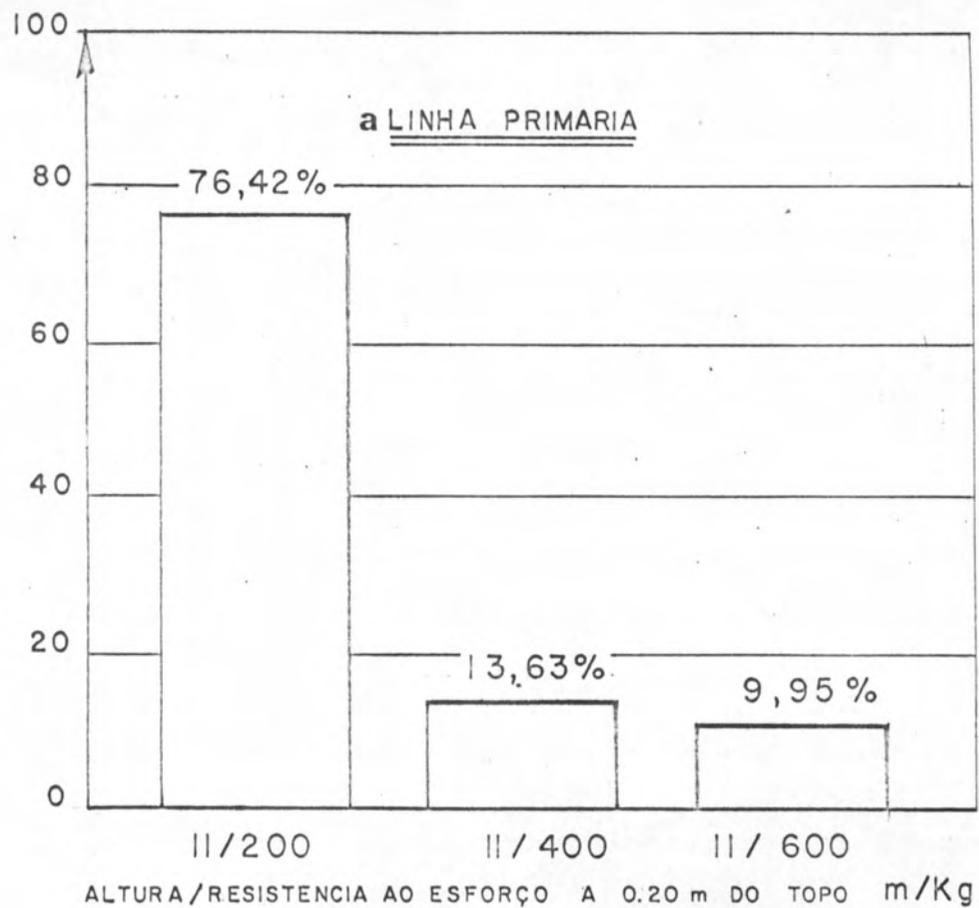


Figura 6  
 Frequência de aparecimento dos diferentes tipos de postes nas linhas dos modelos

- Condutores de cobre e postes de concreto
- Condutores de cobre e postes de madeira
- Condutores de alumínio e postes de concreto
- Condutores de alumínio e postes de madeira.

Os resultados desses cálculos podem ser vistos no trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura nas Cidades de Porte Médio" do Grupo de Economia e Racionalização da Construção, tabelas XXII, XXIII, XXIV, XXV, pags. 122 a 141.

## VI. CORRELAÇÃO DOS CUSTOS DESTA REDE COM DIVERSAS VARIÁVEIS DE INTERESSE E CONCLUSÕES

### 6.1. Introdução

Trata-se, na realidade, do estudo de duas redes, que com funções complementares fornecem energia elétrica aos usuários domiciliares e ao sistema de iluminação pública.

O estudo dos modelos deu como resultado que a maior parte do custo total está concentrada na rede secundária (de baixa tensão), com uma média de 83,3%. A parcela restante de 16,7% é a participação média no custo da rede primária que tem como função, alimentar de energia a rede de baixa tensão. Figura 7.

Junto a estas redes a instalação do sistema de iluminação pública tem uma participação pequena nos custos totais. Assim, em média por cada 100 cruzeiros destinados à rede, serão necessário anexar menos de 8 cruzeiros para instalar iluminação pública de lâmpadas incandescentes e menos de 15 no caso de lâmpadas de vapor de mercúrio, pelo que os custos do sistema completo dependerão, fundamentalmente, dos custos correspondentes à rede secundária, variando conforme ela varia.

Foi examinada a correlação que existe entre os custos desta rede (com e sem iluminação pública) em função de todas aquelas variáveis que se mostraram como influentes nelas, seja em maior ou em menor grau. Assim estão analisados (e

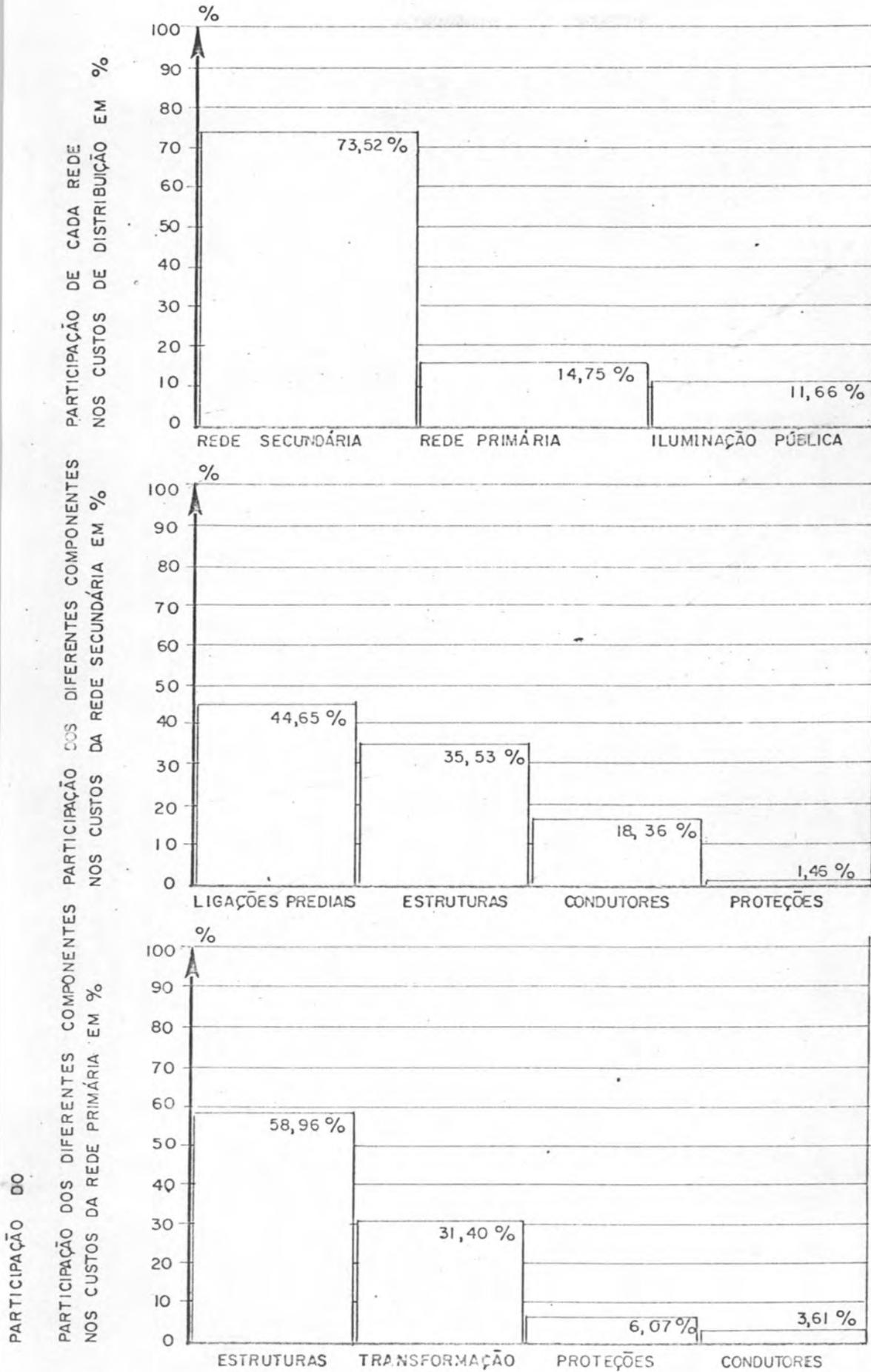


Figura 7  
Participação nos diferentes componentes nos custos totais das redes de distribuição

Nota-

seus resultados dão-se a continuação) a variação dos custos em função da densidade habitacional, de sua desuniformidade, da forma da cidade, de seu tamanho e, finalmente, dos tamanhos dos quarteirões em que a cidade está traçada.

#### 6.2. Variação dos Custos em Função da Densidade Habitacional

Como no caso das outras redes, esta é a variável mais importante que condiciona o custo do consumidor; assim um usuário, numa densidade de 75 hab/Ka, terá um custo na ordem de 2.000 CR/cons. Ao passo que um usuário numa densidade de 300 hab/Ka, terá um custo próximo dos 1.000 CR/cons. Ou seja, a metade. (figura 8).

Como vimos o peso da rede secundária é dominante e como esta é quase constante e independe da densidade, o custo por habitação descrece em forma apreciável com o aumento da densidade.

#### 6.3. Variação de Custos com a Desuniformidade da Densidade

As cidades com densidade desuniforme têm um custo de rede muito similar às de densidade uniforme, mas levemente superior (3 a 5%).

Na figura 9 foram traçadas as variações de custo para o caso de postes de concreto e condutores de alumínio; as diferenças expressadas para este conjunto de materiais se mantêm para as outras possíveis combinações, quando se passa de densidade uniforme à densidade desuniforme; por clareza no desenho não estão colocados.

#### 6.4. Variações de Custo com o Tamanho das Áreas Servidas

O tamanho da área a servir mostrou-se como influente nos custos da rede, seja por hectare ou seja por usuário. Na medida que aumenta o tamanho da área a servir, os custos da rede por unidade aumentam também, no caso da rede primária; a secundária mantém-se inalterada. Como essa é a rede mais prioritária em termos de custo as variações deste com a área são pe

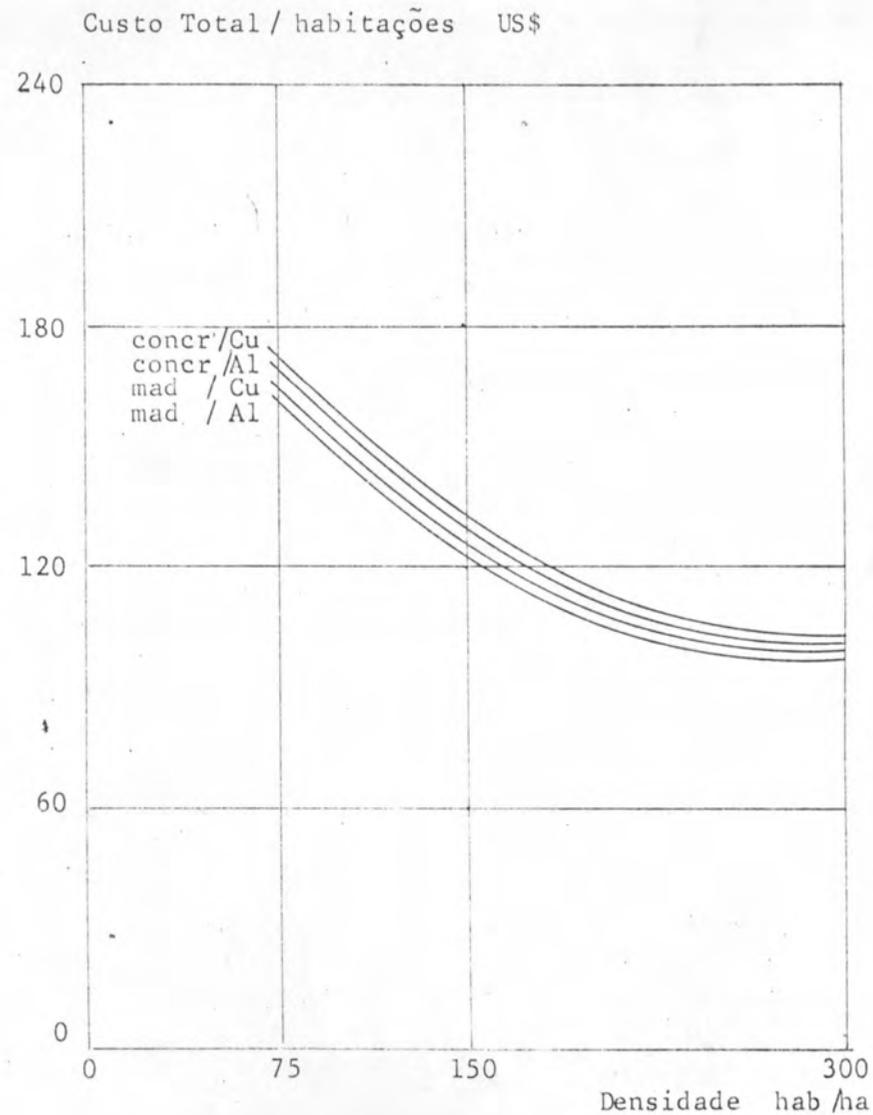
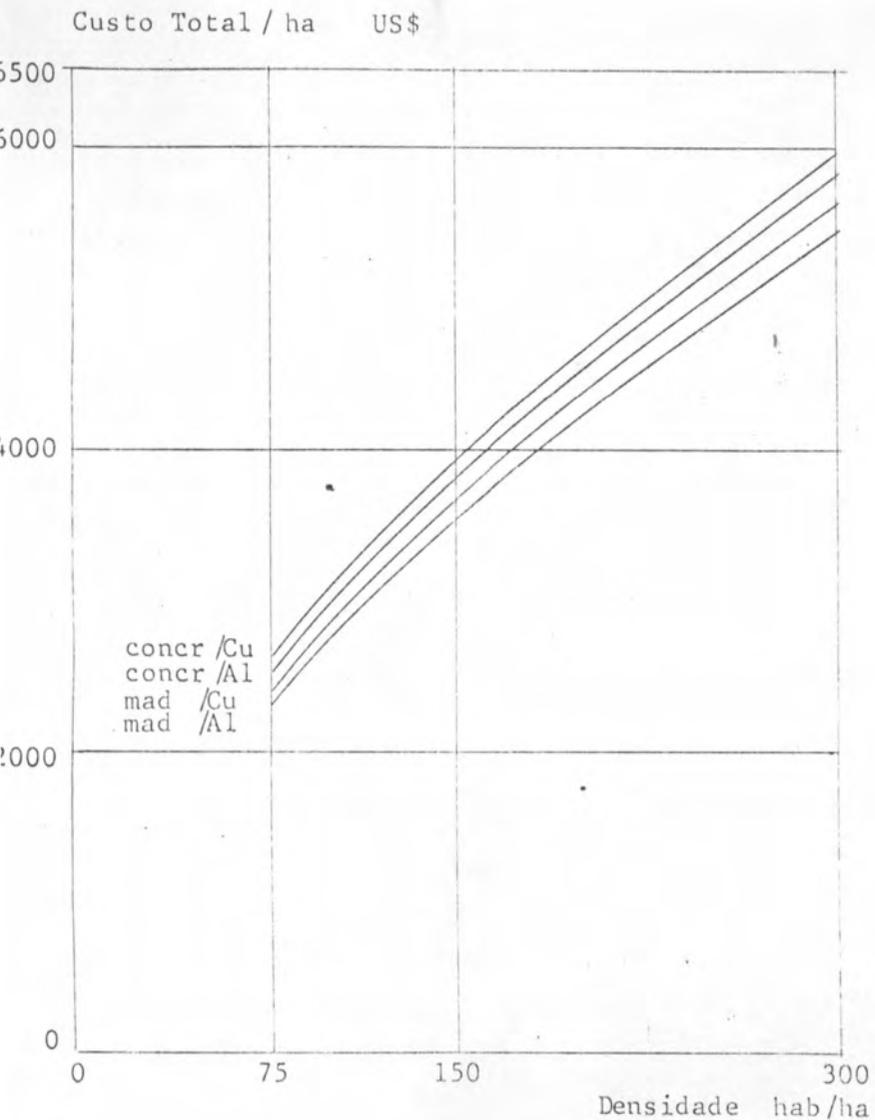


Figura 8  
Variação dos custos da rede de eletricidade (sem iluminação pública) com densidade habitacional (densidade uniforme)

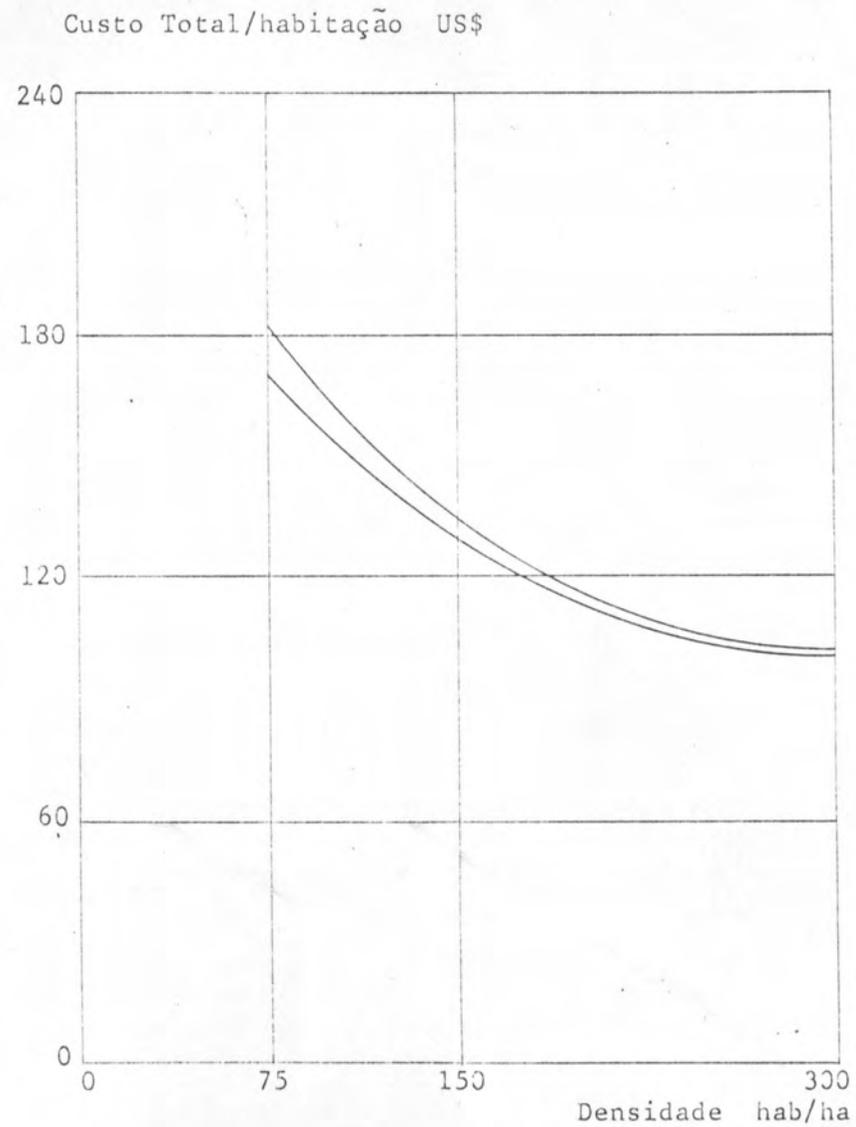
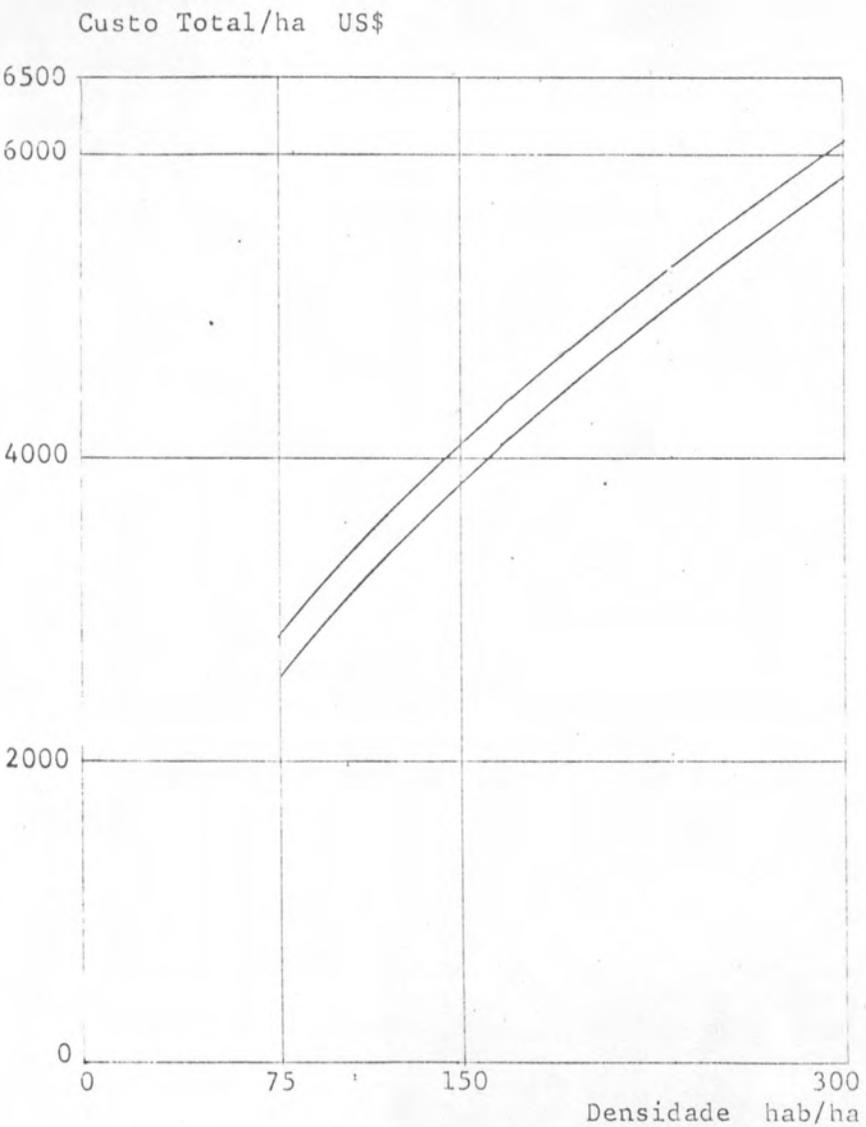


Figura 9  
 Variação dos custos com desuniformidade da densidade  
 Nota  
 As curvas foram traçadas para a rede de concreto-alumínio

quenas (da ordem de 1,6 a 2,0%).

A figura 10 apresenta as variações de custo com o tamanho das áreas servidas.

#### 6.5. Variações de Custo com a Forma da Cidade

As variações de custo com a forma da cidade não são grandes, pois o que se modifica é a rede primária (na mesma forma que no caso anterior), e ela tem uma parcela pequena nos custos totais (menos de 20%). A rede secundária, cujos custos são os que mais influem nos custos totais da rede, se mantém inalterável com a forma da cidade, sendo independente dela.

As cidades alongadas apresentam uma pequena diminuição dos custos em relação às cidades compactas devido ao fato que em cidades lineares a rede primária tem um traçado lógico e de menor comprimento total, levando a custos finalmente menores.

A figura 11, apresenta essas variações.

#### 6.6. Custo do Sistema de Iluminação Pública

O sistema de iluminação pública estudado baseia-se num ponto de luz coincidindo com cada poste da linha de baixa tensão (secundária) em toda a cidade. Cada ponto de luz está constituído por um braço, uma luminária, um rele foto-elétrico com suas ligações e uma lâmpada que pode ser incandescente, mixta ou de vapor de mercúrio, segundo o caso.

Com o sistema adotado, os custos por unidade e por hectare são baixos e acham-se todos na faixa de US\$ 278.8 a US\$ 517.9 cruzeiros por hectare para o sistema completo. Os custos menores correspondem a iluminação com lâmpadas incandescentes e os maiores com lâmpadas de vapor de mercúrio, que pode ser visto no figura 12.

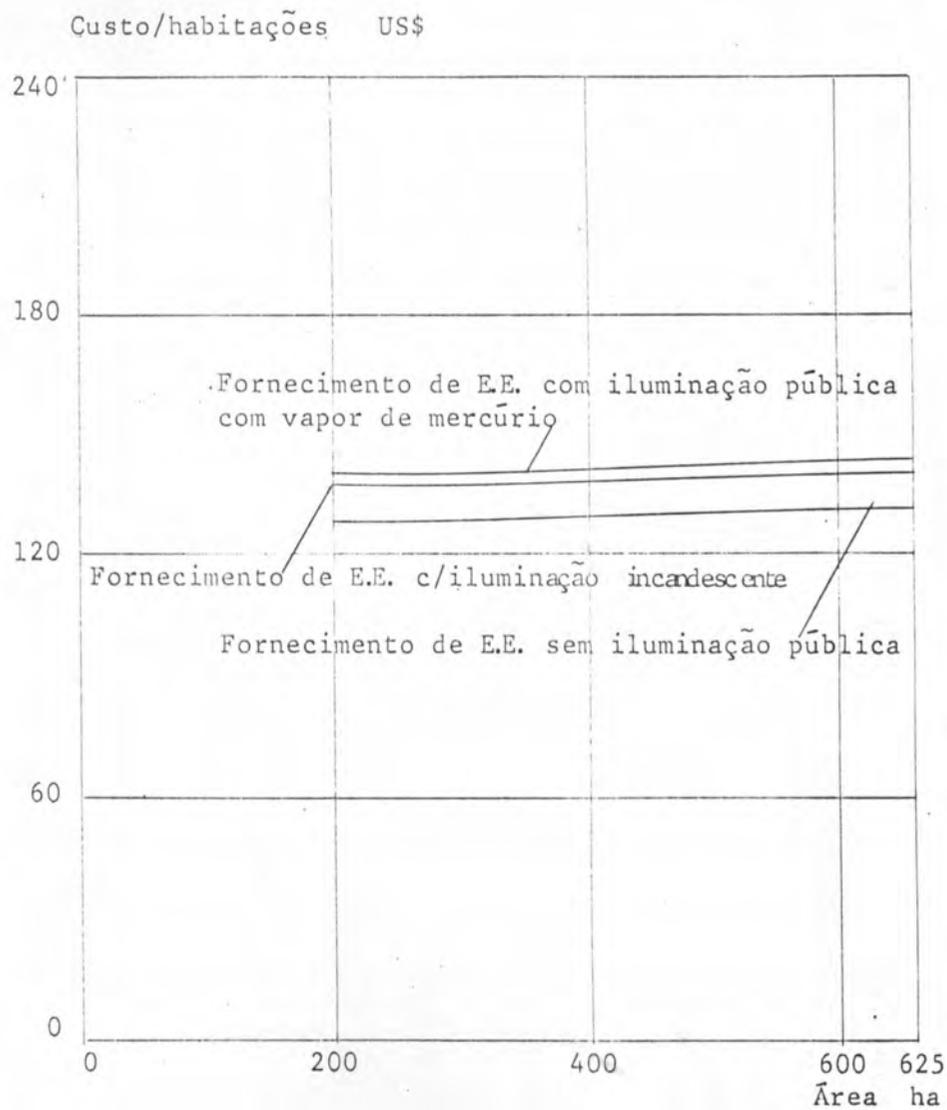
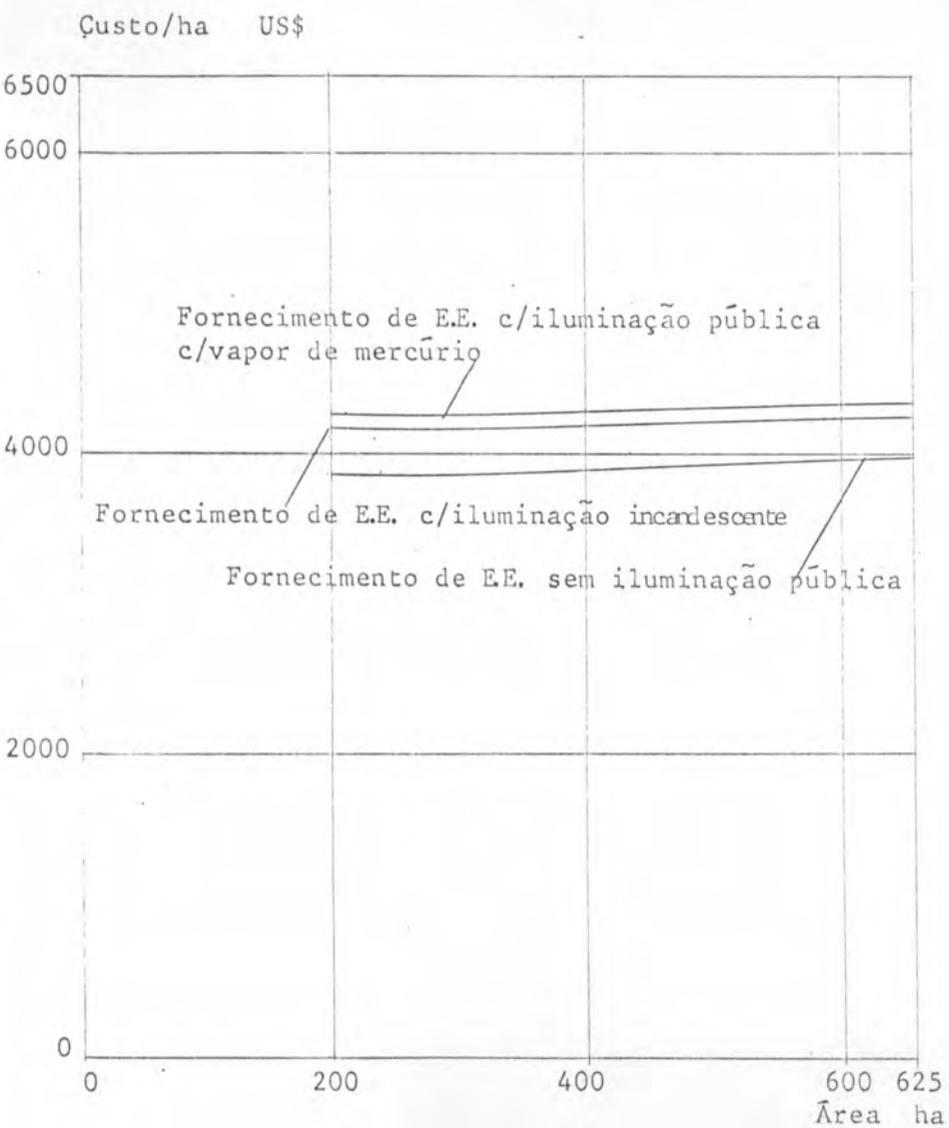


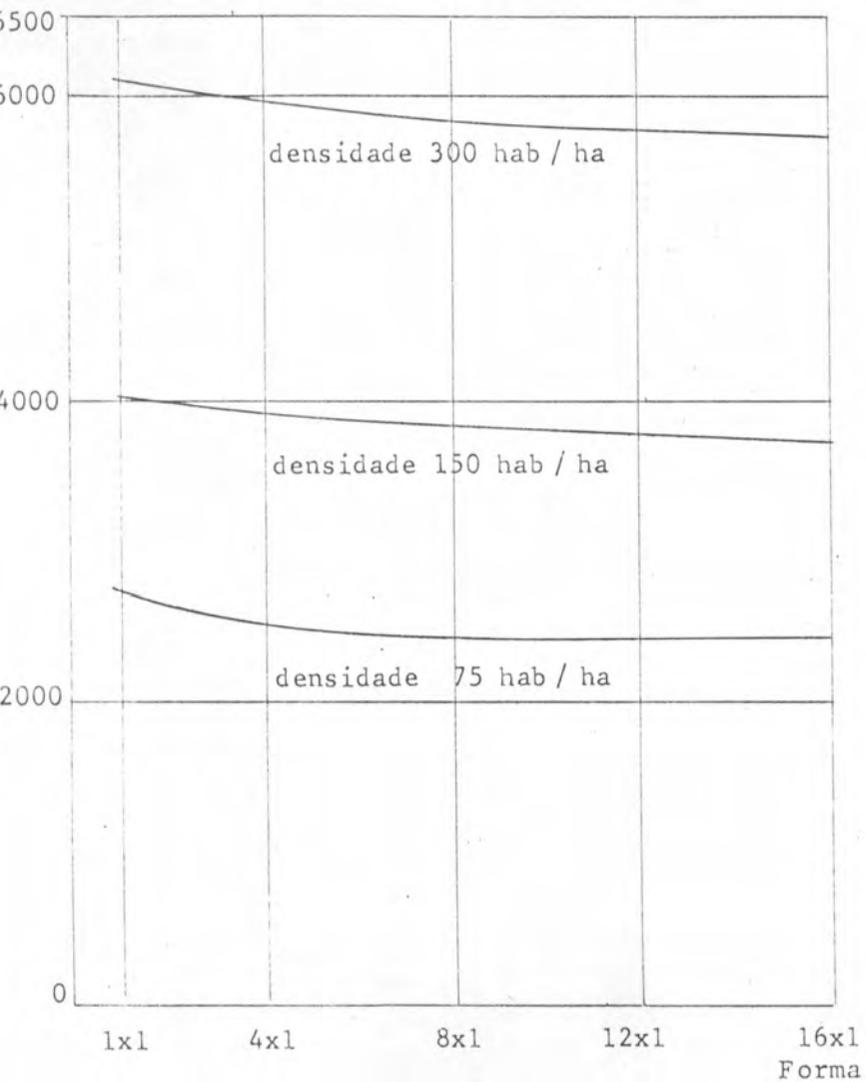
Figura 10

Variação dos custos por hectare e por consumidor com o tamanho da área servida

Nota-

As curvas surgem dos custos para diferentes densidades uniformes de 150 hab/ha e linha de concreto-alumínio

Custo/ha US\$



Custo /habitações US\$

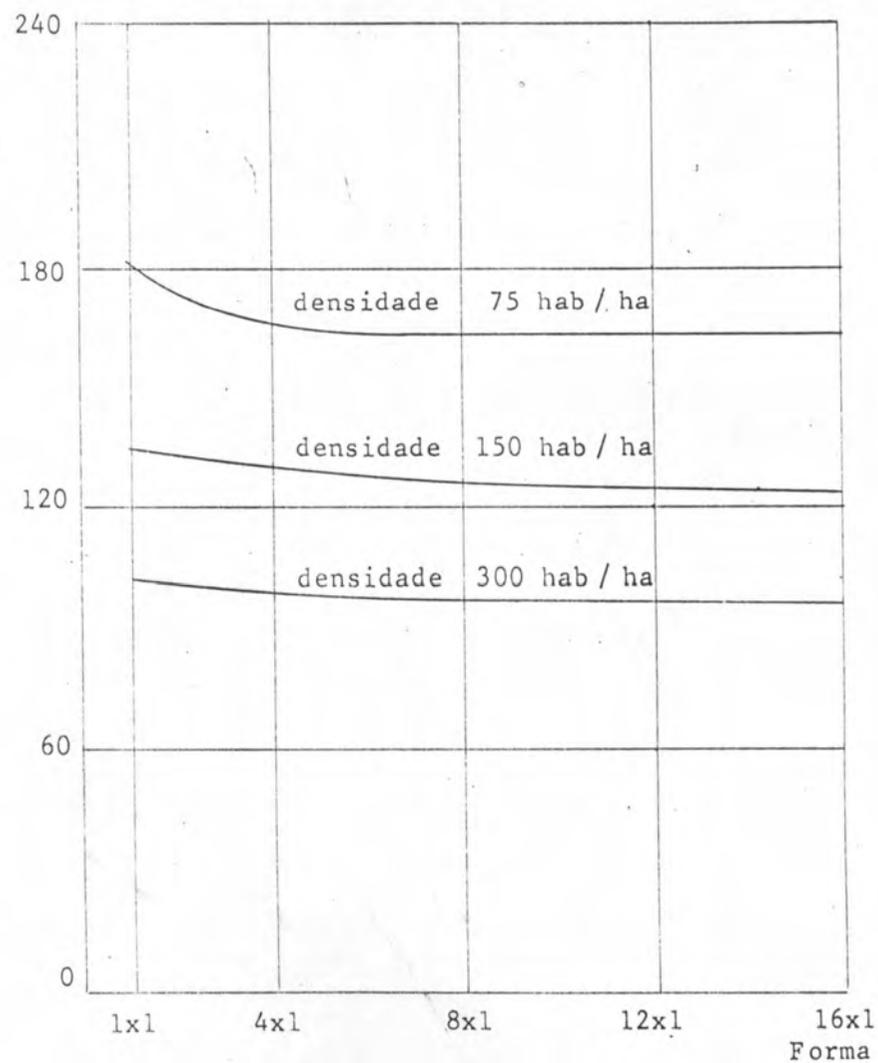


Figura 11

Variação dos custos por hectare e por consumidor com a forma da cidade, para redes com postes de concreto e condutores de alumínio

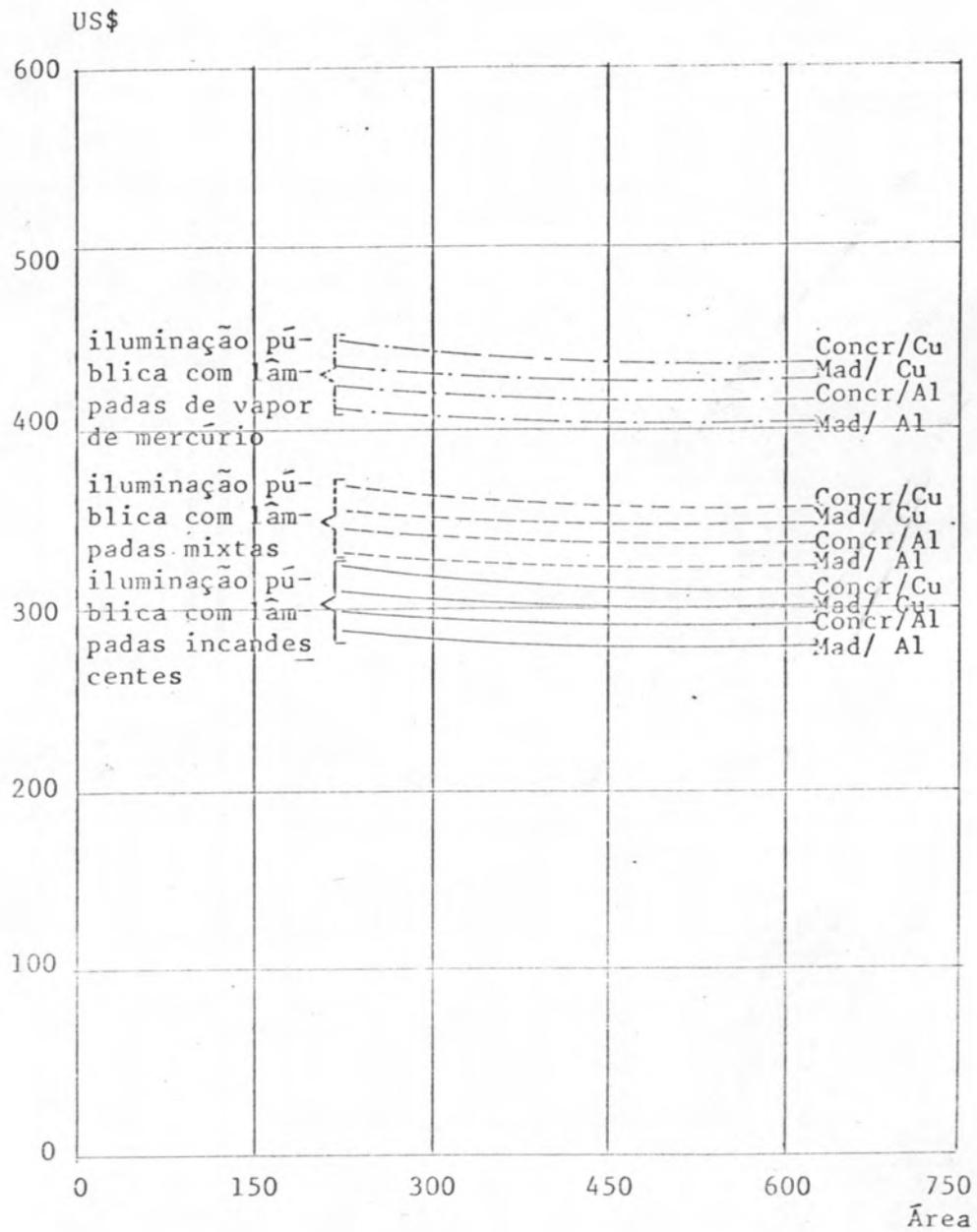


Figura 12  
Custo do sistema de iluminação pública por hectare

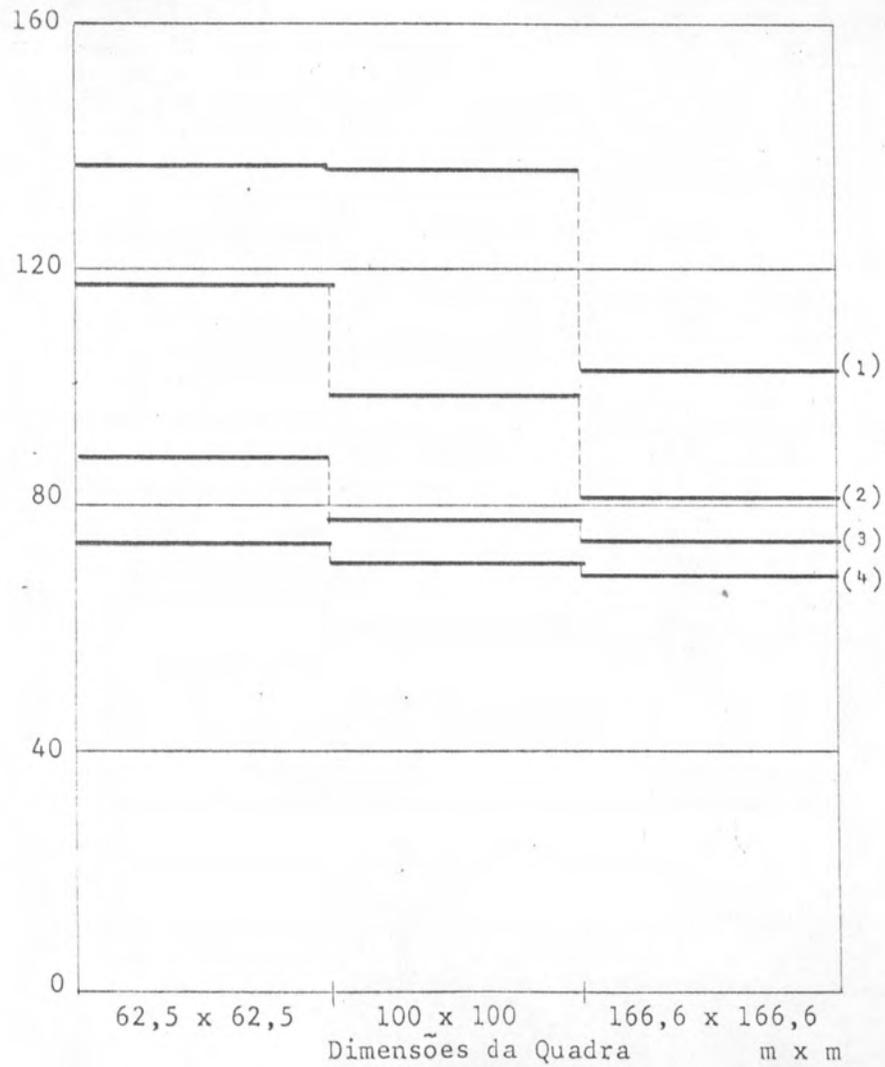
### 6.7. Variação de Custo da Rede com o Tamanho dos Quarteirões

O custo da rede é em grande medida proporcional a seu comprimento, pelo que, dentro de modelos teóricos para densidades de consumo iguais, o custo diminui com o aumento do tamanho dos quarteirões, como pode-se ver na figura 13.

Esse decréscimo nos custos é muito maior no caso de densidades baixas do que nos de altas devido ao fato de que para densidades baixas os custos das redes está muito mais associada ao seu comprimento do que no outro caso.

Todo o exposto para o tamanho dos quarteirões faz-se extensivo ao caso de comparação de traçados de quarteirões em xadrez e normal. No primeiro caso, os lotes têm saída para todas as ruas e a rede secundária, conseqüentemente, tem que percorrer; no segundo caso, como os lotes têm saída só na metade delas, a rede secundária terá um comprimento sensivelmente menor, e de fato custos maiores (até 30%) nas baixas densidades, ao passo que para altas densidades e economia nesta rede com este tipo de traçado, cai para menos de 10% tendendo assim a se anular.

Custo/habitação



Custo/ha US\$

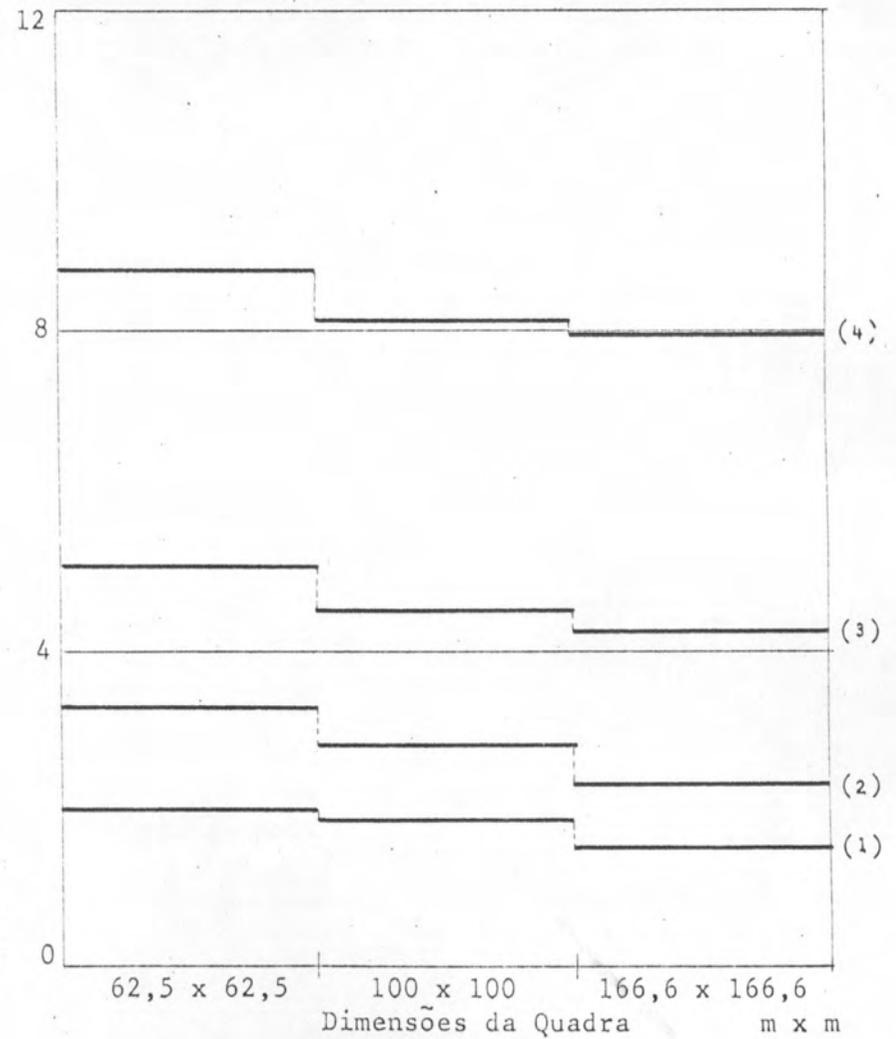


Figura 13

Variação dos custos das redes com o tamanho dos quarteirões

Nota-

Os custos foram calculados com o sistema de postes de concreto e condutores de alumínio

S I S T E M A S   U R B A N O S   D E  
A B A S T E C I M E N T O   D E   Á G U A

## SISTEMAS URBANOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### INTRODUÇÃO

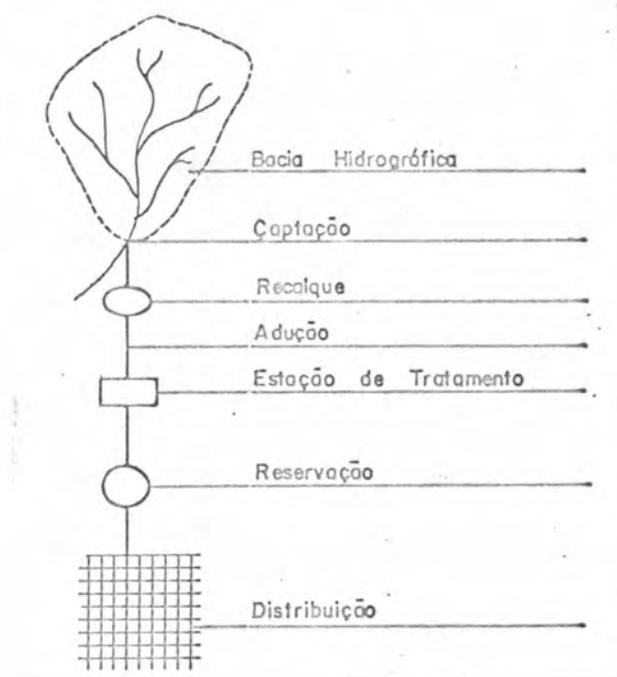
O trabalho, referente aos sistemas de abastecimento de água, tem como objetivos primordiais, a serem atingidos, o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para abastecerem-se de água determinadas populações e a determinação da importância e forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Levar-se-ão em conta não só os custos de construção, mas também aqueles referentes à operação, à manutenção além dos custos financeiros decorrentes dos investimentos necessários para a realização de tais obras. Será dado destaque às variáveis que possam incidir mais significativamente nesses custos, bem como aqueles que são manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais, quando da apresentação de soluções para as cidades.

### I. ORGAOS CONSTITUINTES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE AGUA

Os órgãos constitutivos de um sistema de abastecimento de água geralmente são: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição, sendo que não é obrigatória a sequência indicada assim como a existência de todos os elementos mencionados.

Captação - Os mananciais utilizados para o abastecimento de médias e grandes comunidades são os de águas superficiais com captação direta (com ou sem barragem) e subterrâneas com captação por meio de escavação ou perfuração.



Adução - Entende-se por adução o conjunto de condutos, peças especiais e obras de arte destinadas a ligar as fontes de abastecimento de água bruta (mananciais) às estações de tratamento de água, situadas além das imediações dessas fontes, ou os condutos ligando estações de tratamento situadas nas proximidades dessas fontes a reservatórios de distribuição que alimentam as redes de distribuição.

As adutoras geralmente não apresentam distribuição em marcha (às vezes existem sangrias para o abastecimento de pontos intermediários).

As sub-adutoras são os condutos que servem para ligar as estações de tratamento de água aos reservatórios de distribuição que alimentam diretamente a rede de distribuição, e ainda os condutos destinados a ligar dois ou mais reservatórios de distribuição entre si.

As adutoras podem ser classificadas, segundo a energia utilizadas para a movimentação da água, em adutora por gravidade, adutoras por recalque e adutoras mistas.

Os materiais normalmente utilizados em adutoras são :

ferro fundido, aço, e em menor escala, cimento amianto e concreto.

Recalque - Entende-se por estação elevatória ou estação de recalque, utilizada em sistemas de abastecimento de água, a unidade técnica que compreende o conjunto de edifícios, máquinas e demais equipamentos e aparelhos necessários para a elevação da água, bruta ou tratada, de um ponto para outro.

As estações de recalque podem ser destinadas a:

- a) recalque de água "in natura", com tomada em:
  - poços
  - mananciais superficiais (rios, lagos, reservatórios de acumulação).

Neste caso a estação de recalque está localizada na adução, elevando a água da captação para a estação de tratamento ou para um reservatório de distribuição.

- b) recalque de água potável

Neste caso a estação de recalque está junto a uma estação de tratamento de água ou de reservatório de distribuição elevando a água para outro reservatório ou para a rede de distribuição.

Tratamento - Entende-se por Estação de Tratamento de Água o órgão constitutivo do sistema de abastecimento de água cuja função é produzir água de qualidade garantida a todo instante.

Os dados relativos à qualidade da água e sua variação é que irão definir a necessidade e a extensão dos processos recomendáveis.

De um modo geral pode-se agrupar os processos mais usuais para a purificação de água de abastecimento da seguinte maneira:

- cloração, correção parcial, filtração lenta e filtração rápida.

Reservação - Entende-se por reservatório de distribuição o órgão constitutivo do sistema de abastecimento de água cujas finalidades são: armazenamento de quantidade suficiente de água para atender às variações de consumo, assegurar uma reserva de água para combate a incêndios, fornecer água nos casos de interrupção de adução, e melhorar as condições de pressão da água na rede de distribuição.

Os reservatórios poderão ser enterrados, semi-enterrados ou elevados.

No que diz respeito aos materiais, os reservatórios poderão ser de concreto (armado ou protendido), de alvenaria ou de outros materiais (menos usuais).

Distribuição - Entende-se por rede de distribuição de água o conjunto de condutos presentes nas vias públicas, junto aos edifícios, com a função de conduzir a água para os prédios e aos pontos de consumo público. Esses condutos caracterizam-se pelas numerosas derivações (distribuição em marcha) e uma disposição "en rede".

Na rede de distribuição distinguem-se dois tipos de condutos:

- condutos principais ou primários
- condutos secundários

Os condutos principais, também chamados condutos tronco, são as canalizações de maior diâmetro, alimentados diretamente pelo reservatório de montante ou pela adutora, responsáveis pela alimentação dos condutos secundários. A eles interessa, portanto, o abastecimento de extensas áreas da cidade.

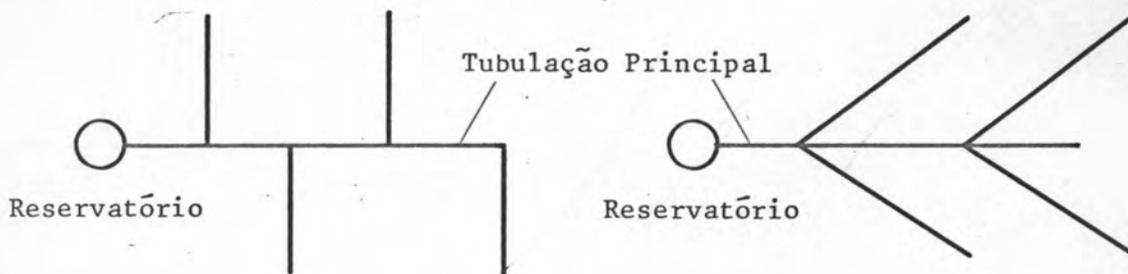
Os condutos secundários, de menor diâmetro, são os que estão imediatamente em contato com os prédios a abastecer.

A área servida por um conduto deste tipo é restrita e está nas suas vizinhanças.

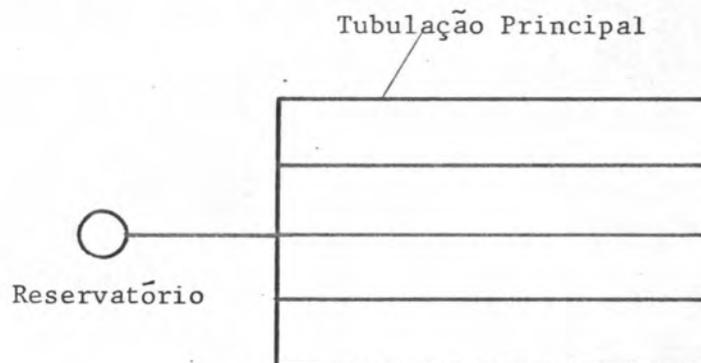
Em geral, no que diz respeito ao traçado, podem ser definidos três tipos de redes, conforme a disposição dos condutos principais. O traçado das mesmas está condicionado ao traçado urbano das cidades que por sua vez está intimamente ligado às condições topográficas.

Pode-se defini-los como em:

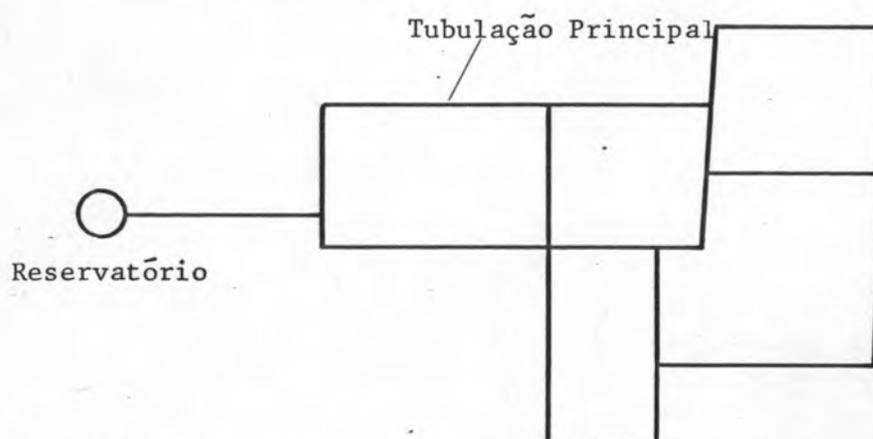
- a. "Espinha de peixe" - traçado comum em cidades de desenvolvimento linear; a linha tronco passa pelo eixo da cidade e dela derivam, em ramificações, os outros principais.



- b. "Grelha" - condutos principais dispostos mais ou menos paralelamente; em uma extremidade estão ligados a uma canalização mestra alimentadora, e desse ponto seus diâmetros decrescem gradativamente para jusante.



- c. "Anel" - condutos principais formam circuitos fechados nas zonas principais de abastecimento da cidade.



Nos dois primeiros tipos de redes, a circulação de água nos condutos principais faz-se praticamente em um único sentido. Interrupções acidentais em um conduto mestre prejudica sensivelmente as áreas situadas a jusante do local do acidente. Ao passo que a rede em anel, o escoamento pode se efetuar por sentidos diferentes não trazendo com isso transtornos de monta ao abastecimento à jusante.

As redes em "anel" quase sempre apresentam uma eficiência superior às redes de condutos principais dispostos de outra maneira.

Os condutos primários geralmente são construídos com tubos de cimento amianto ou de ferro fundido. Os condutos secundários por sua vez utilizam quase sempre cimento amianto ou P.V.C.

## 1.2. Diretrizes do Trabalho

Sendo, em geral, a rede de distribuição a parte de maior custo do sistema de abastecimento, assumindo valores da ordem de 60% do custo total (Ver tabelas V e VI), ela merece grande atenção em todas as fases do planejamento, do projeto, da construção, da operação e da manutenção.

Foram portanto, definidos modelos para estudo.

Os parâmetros que determinaram as características de

cada um dos modelos de rede foram: o traçado, a densidade demográfica e a área.

Ficaram assim definidos os modelos de sistemas de abastecimento de água, através da composição entre cada um dos modelos de rede e seus respectivos órgãos complementares do sistema, caracterizados pelos parâmetros que os definem.

## II. CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DOS MODELOS A ESTUDAR

### 2.1. Modelo para Rede Secundária

Para a rede secundária, os modelos foram definidos em estreita relação com os traçados urbanos e com as densidades das áreas a abastecer, através de módulos físico/geográficos e dos traçados urbanos tipo "xadrez" e "quarteirão normal".

### 2.2. Modelo para a Rede Primária

Adoção da disposição em "anel", a partir da composição sistemática dos módulos, em número e forma de agrupamento, obtendo-se assim diferentes áreas a serem abastecidas (de 100 a 625 ha).

### 2.3. Parâmetros de Cálculo

Os parâmetros de cálculo foram baseados nas vazões de distribuição, no coeficiente do dia de menor consumo, na quota "per capita" dada em litros/hab/dia, na população prevista para a área a abastecer e nos tipos de materiais mais empregados para as tubulações condutoras.

Através do cálculo hidráulico das redes primária e secundária, foram obtidos os diâmetros das tubulações e seus respectivos comprimentos e a partir daí encontrou-se o número e tipo de peças especiais e órgãos acessórios para cada uma das situações simuladas, ficando, portanto, determinanda as características físicas das redes de distribuição.

### III. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS RESULTANTES DOS MODELOS ESTUDADOS

#### 3.1. Situação Padrão

Para efeitos de custo as variações da "situação padrão" a considerar são: material (tipo de tubo); tipo de solo; valas; movimento de terra (escavação, lastros, reaterro e transporte de excedentes); esgotamento e escoramento.

Tendo-se em vista que, dentro do conjunto de situações reais, existem algumas de maior frequência de ocorrência, considerou-se como "situação padrão" a seguinte:

- material: tubo de cimento amianto (classe l5, junta elástica) ou ferro fundido (classe k9, junta elástica) ou P.V.C. rígido (classe l2, junta elástica)
- tipo de solo: terra e terrenos duros
- vala: retangular de dimensões mínimas segundo as normas
- movimento de terra: escavação - manual ou mecânica (indiferente)
  - lastro - terra peneirada (30 cm acima do tubo)
  - reaterro - volume escavado menos o volume do lastro
  - transporte de excedentes - 10% do volume escavado, já que o reaterro se fará com terra peneirada, distância de transporte: 2,0 Km da obra.
- considerações diversas: não há rompimentos de pavimentos, tanto no passeio, como nas ruas, para instalar-se as tubulações. Não há necessidade de esgotamento de água das valas, para que se realizem os trabalhos de assentamento das tubulações. Os terrenos das valas não necessitam de esgotamento.

As conjunturas acima, excetuando-se os tubos, foram fixadas tendo-se em vista que a sua ocorrência seria frequente e em maior parte, dentro do conjunto de situações que ocorreriam na maioria das obras; dissemos excetuando-se os tubos, pois o seu emprego estaria condicionado a uma sêrie de decisões relativas às seguintes situações, tais como:

- . exigências de homogeneidade dos materiais das redes existentes, visando facilitar as operações de manutenção (mão de obra, estoque de materiais, etc.)
- . se a canalização pertence à rede secundária ou à rede principal;
- . tipo de tráfego a que a região abastecida ou a abastecer está submetida;
- . limitações de ordem mecânica e hidráulica dos materiais disponíveis no mercado;
- . disponibilidade dos diferentes materiais no mercado.

As figuras 1, 2 e 3, e a tabela I mostram-nos, mantidas as "situações padrões", para os tubos de cimento amianto, de ferro fundido e P.V.C. , o custo do metro linear de tubula - ção instalada para cada diâmetro, destacando-se as parcelas referentes ao material (tubos), ao assentamento e ao movimento de terra.

Para os diferentes tipos de materiais, mantidas as de mais "situações padrões", a figura 4 compara os custos do metro linear instalado para diferentes vazões, enquanto que a figura 5, mostra a incidência do material (tubos) no custo total no metro linear de tubulação instalada, para diferentes diâmetros.

Para diferentes tipos de solos e para tubos de cimento amianto, mantidas as demais "situações padrões", os custos do metro linear de tubulação instalada se comportam como é mostra-do na figura 6.

A figura 7 apresenta a porcentagem de aumento do custo total do metro linear de tubulação instalada (cimento amianto ) referida à "situação Padrão", quando é necessário esgotamento

US\$/ml

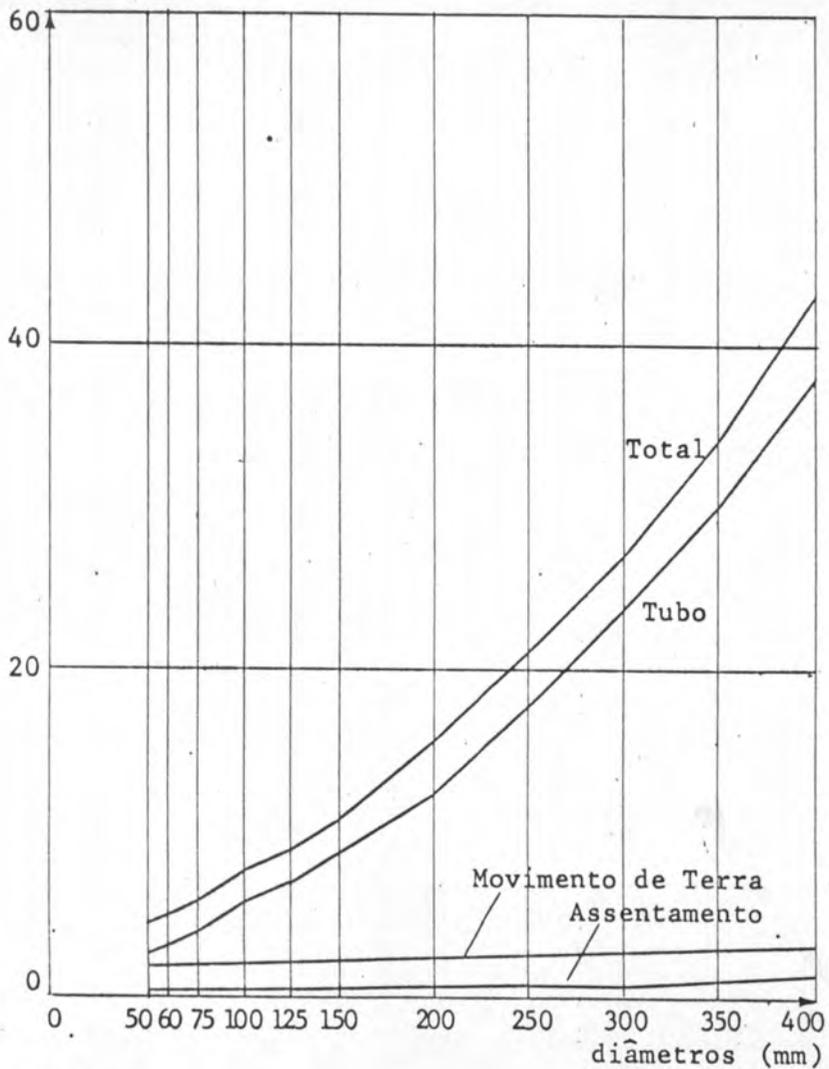


Figura 1  
Custo do metro linear de tubulação instalada de Cimento Amianto, para a "Situação Padrão"

US\$/ml

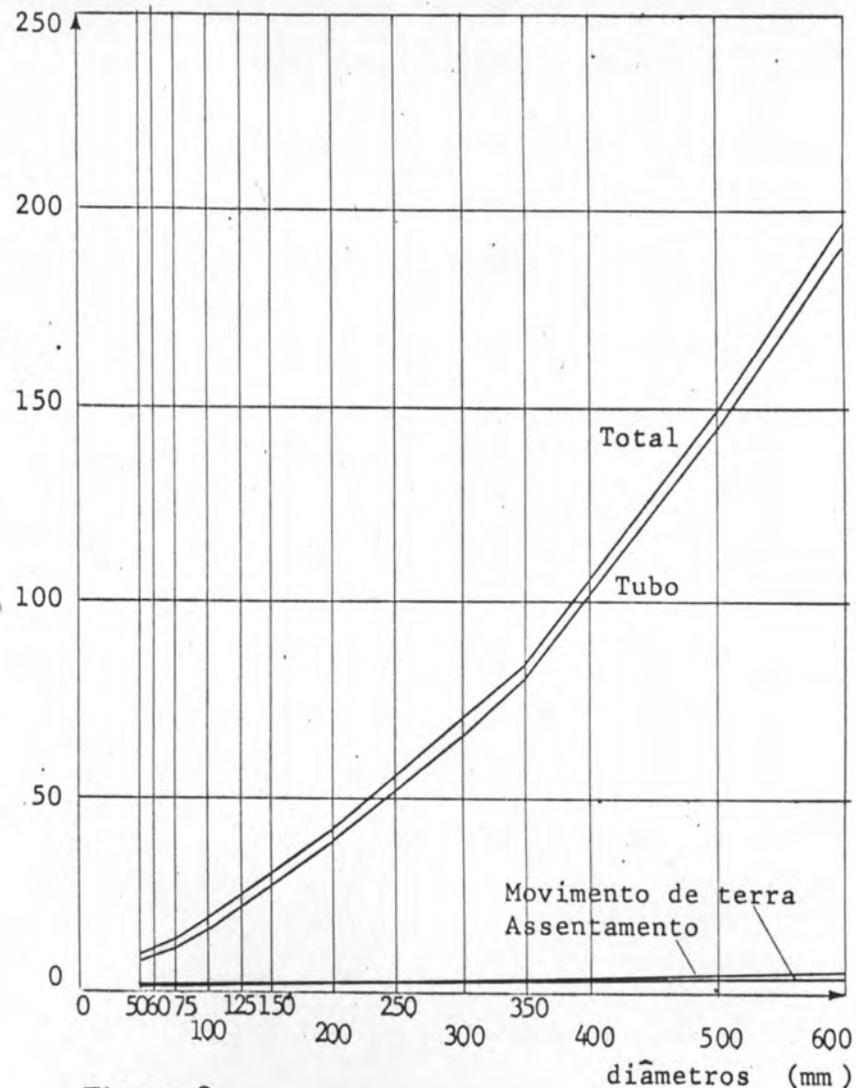


Figura 2  
Custo do metro linear de tubulação instalada de Ferro Fundido, para a "Situação Padrão"

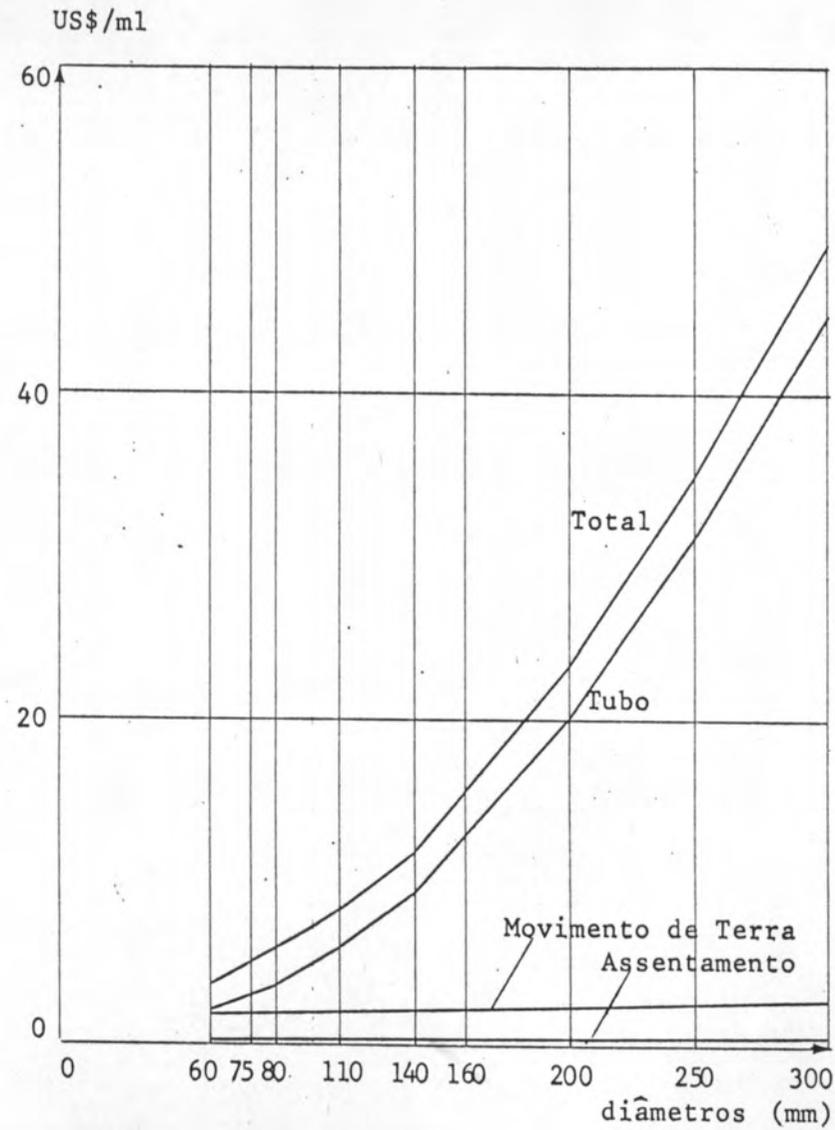


Figura 3  
 Custo do metro linear de tubulação instalada de  
 P.V.C., para a "Situação Padrão"

DIÂMETROS NOMINAIS (mm)	50	60	75	100	125	150	200	250	300	350	400
CIMENTO AMIANTO											
MOVIMENTO DE TERRA	21,70	22,96	23,39	23,75	24,88	25,73	27,81	29,55	33,09	38,13	43,23
ASSENTAMENTO	3,48	3,85	4,23	4,23	5,56	6,51	8,62	10,80	10,80	13,34	16,26
TUBO	33,31	38,83	51,18	69,19	83,99	110,07	163,72	226,10	305,02	380,09	482,81
TOTAL (INCL. 30% BDI) (Cr\$)	58,49	65,64	78,80	97,17	114,43	142,31	200,15	266,45	348,91	431,56	542,30

DIÂMETROS NOMINAIS (mm)	50	60	75	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
FERRO FUNDIDO													
MOVIMENTO DE TERRA	13,07	13,35	13,74	14,43	15,08	15,87	17,20	18,55	20,84	24,04	27,51	35,19	43,85
ASSENTAMENTO	7,48	7,48	7,48	8,62	8,97	10,80	14,47	21,75	28,77	33,81	41,28	51,23	57,41
TUBO	93,93	113,10	141,95	195,86	256,93	325,44	472,03	642,33	821,76	1039,56	1263,56	1785,75	2387,22
TOTAL (INCL. 30% BDI) (Cr\$)	114,48	133,93	163,17	218,91	280,98	352,11	503,70	682,63	871,87	1097,41	1332,53	1872,53	2488,48

DIÂMETROS NOMINAIS (mm)	60	75	85	110	140	160	200	250	300
P.V.C.									
MOVIMENTO DE TERRA	21,70	22,96	23,39	23,75	24,88	25,73	27,81	29,55	33,09
ASSENTAMENTO	1,87	2,26	2,26	2,26	2,48	3,35	4,37	5,74	6,51
TUBO	23,57	36,48	48,44	79,11	129,17	167,91	259,95	403,65	573,18
TOTAL (INCL. 30% BDI) (Cr\$)	47,14	61,70	74,09	105,12	156,53	196,99	292,13	438,84	612,78

Tabela III - Custo do metro linear de tubulação instalada, na "Situação Padrão"

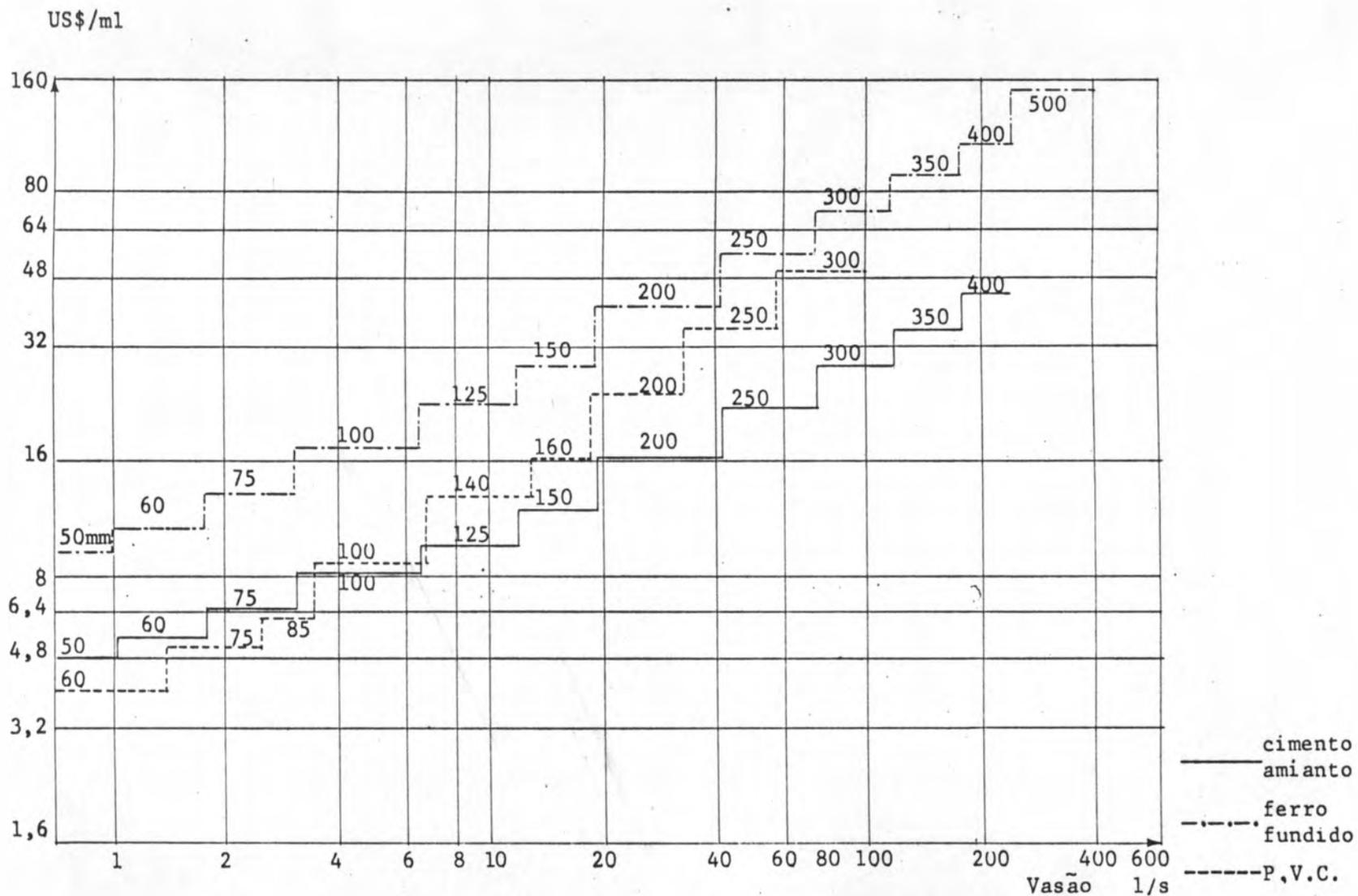


Figura 4  
Custo do metro linear de tubulação instalada para diferentes tipos de tubo, mantidas as demais "Situações Padrões"

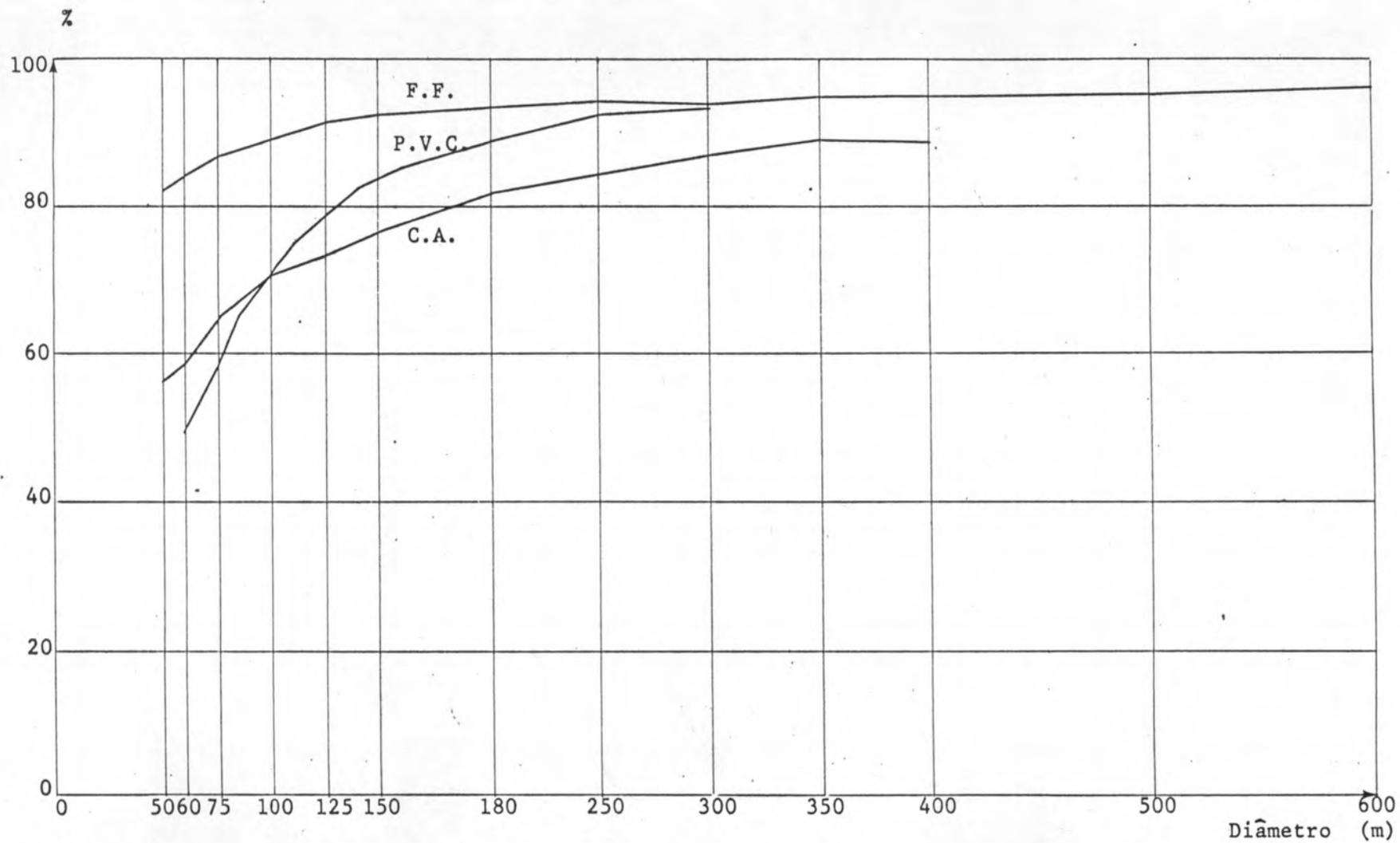
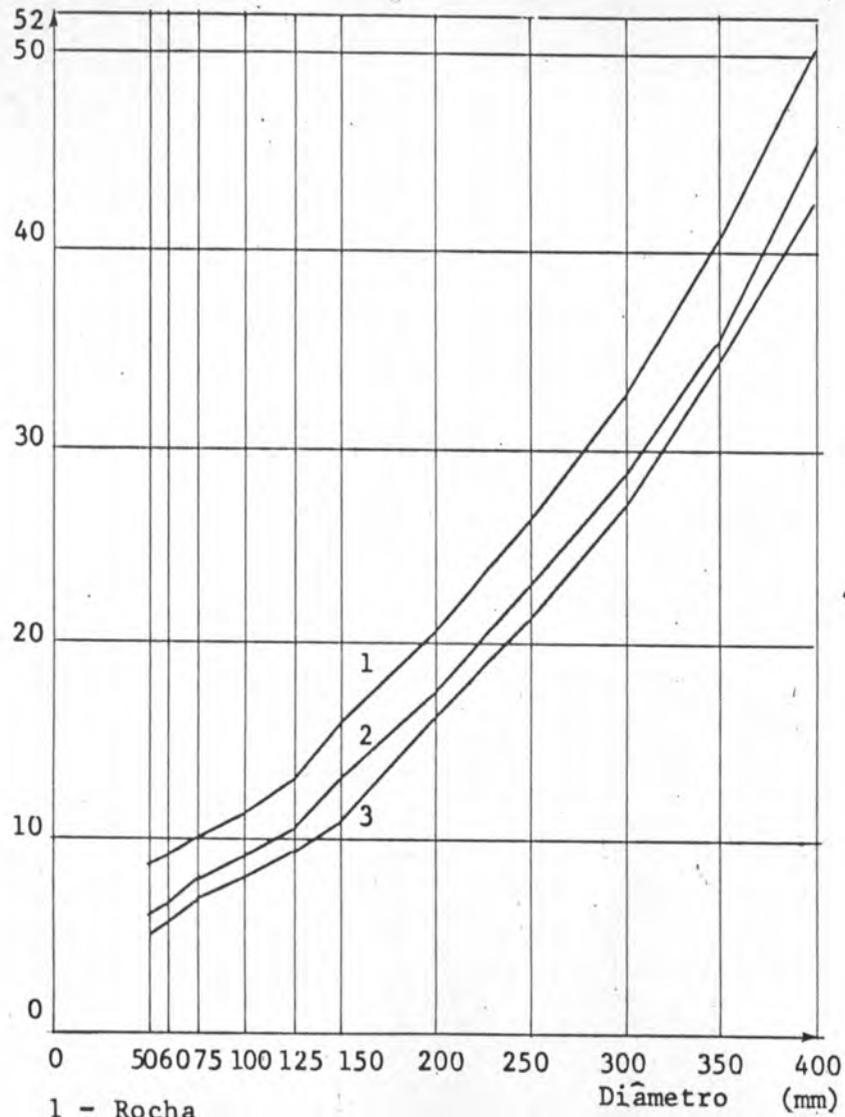


Figura 5

Porcentagem de incidência do tubo no custo do metro linear de tubulação instalada, na "Situação Padrão".

US\$/ml

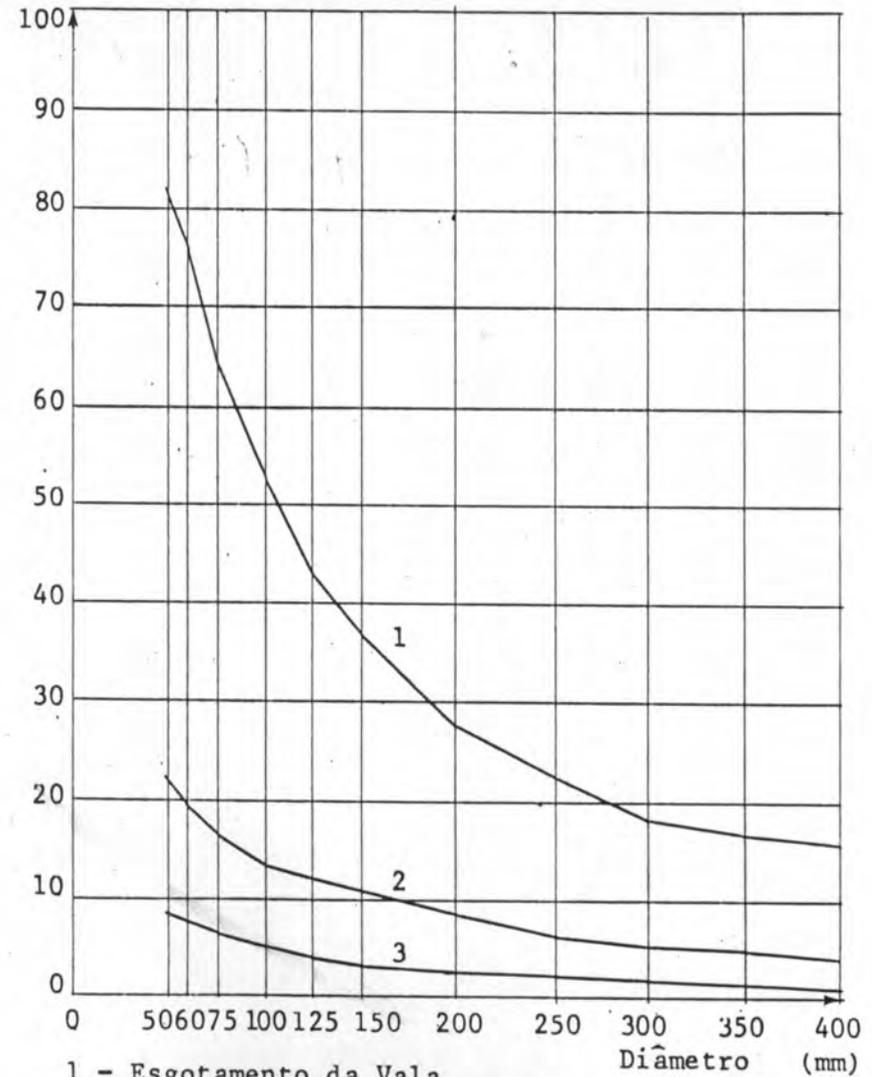


- 1 - Rocha
- 2 - Terreno Misto
- 3 - Terra e Terreno Duro

Figura 6

Custo do metro linear de tubulação instalada (Cimento Amianto) para diferentes solos, mantidas as demais "Situações Padrões"

%



- 1 - Esgotamento da Vala
- 2 - Escavação do Terreno Misto
- 3 - Escavação em Rocha

Figura 7

Porcentagem de aumento do custo do metro linear de tubulação instalada referida à "Situação Padrão (Cimento Amianto)"

da vala ou quando se tem rocha ou terreno misto.

#### IV. SISTEMAS CONSTRUTIVOS E CUSTOS DAS REDES DE ÁGUA

Os orçamentos, para cada um dos modelos de rede, foram elaborados considerando-se os preços do metro linear de tubulação instalada na "Situação Padrão", os custos dos materiais das peças especiais além dos custos dos materiais e mão de obra de assentamento dos órgãos acessórios.

Os custos de mão de obra de assentamento das peças especiais estão incluídos no preço do metro linear de tubulação instalada.

Os valores totais obtidos para cada um dos modelos permitiu referi-los às unidades de área abastecida e às habitações servidas.

##### 4.1. Custos da Rede Secundária

Para as diferentes redes secundárias definidas para cada um dos modelos determinaram-se os custos totais referidos à "Situação Padrão" empregando-se tubulações de cimento amianto e P.V.C.

Os custos totais obtidos para cada um dos modelos foram referidos às áreas abastecidas, como se mostram nas figuras 8 e 9.

As figuras 10 e 11 apresentam os custos por habitação servida correspondente à rede secundária, para cada um dos modelos estudados.

##### 4.2. Custos da Rede Primária

Para os diferentes modelos obtiveram-se os custos totais das redes primárias referidos à "Situação Padrão" empregando-se tubulações de cimento amianto e ferro fundido,

O custo total obtido para cada um dos modelos é o índi

### MODELOS DE REDES SECUNDÁRIAS

- (1) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 62,5 x 62,5m, extensão 300m/ha.
- (2) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 62,5 x 125,0m, extensão 220m/ha.
- (3) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 83,3 x 83,3m, extensão 220m/ha.
- (4) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 62,5 x 150,0m, extensão 207m/ha.
- (5) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 100,0 x 100,0m, extensão 180m/ha.
- (6) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 83,3 x 166,7m, extensão 160m/ha.
- (7) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 83,3 x 200,0m, extensão 150m/ha.
- (8) - Configuração em "quarteirão normal" largura de 62,5m, extensão 160m/ha.
- (9) - Configuração em "xadrez" com quarteirões de 100,0 x 200,0m, extensão 130m/ha.
- (10) - Configuração em "quarteirão normal" largura de 83,3m, extensão 120m/ha.
- (11) - Configuração em "quarteirão normal" largura de 100,0m, extensão 100m/ha.

Legenda - Figuras 8, 9, 10 e 11

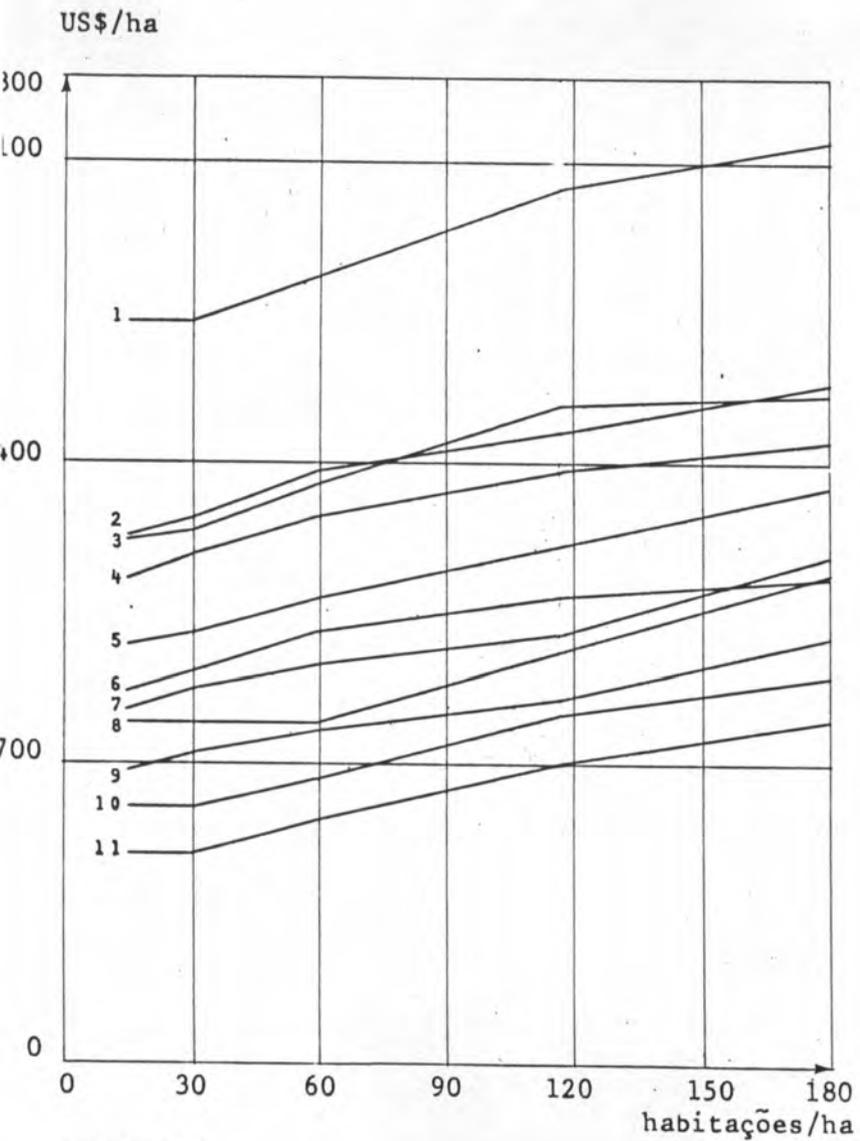


Figura 8  
Custo da rede secundária (cimento Amianto) referido à área

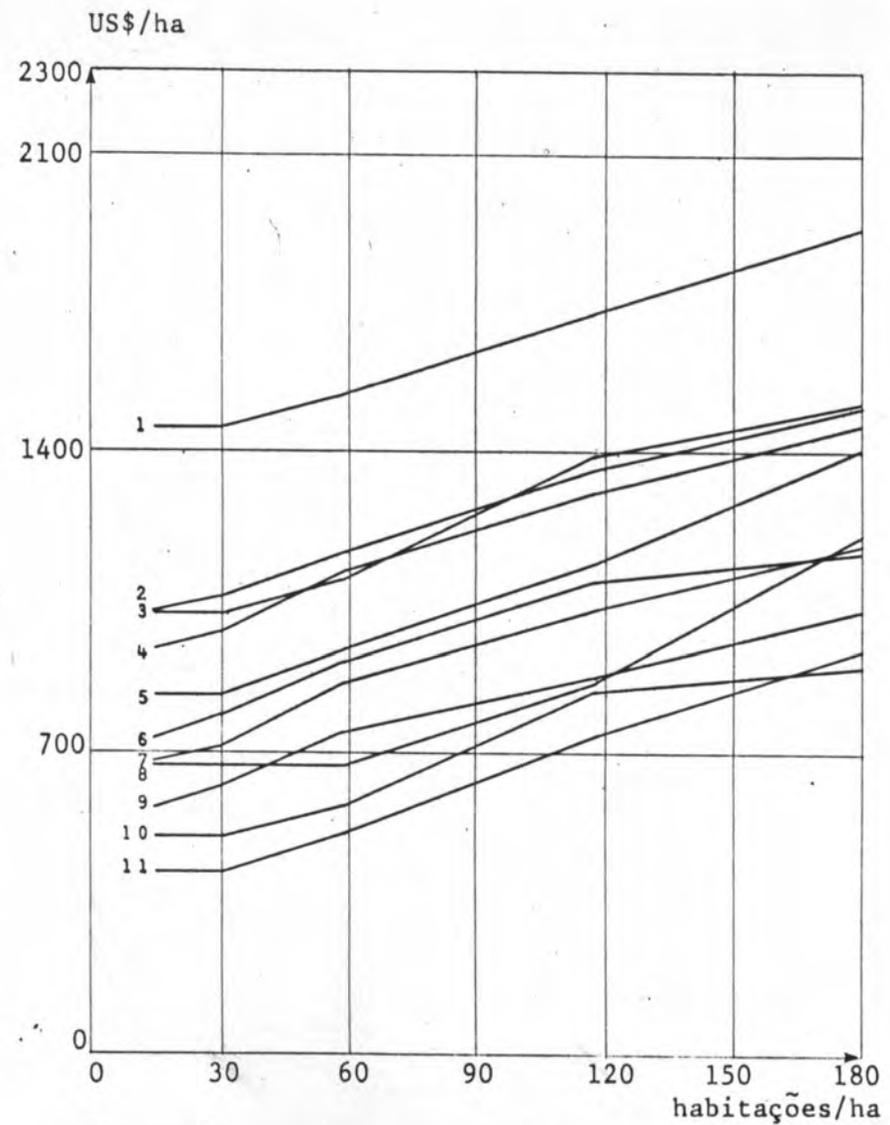


Figura 9  
Custo da rede secundária (P.V.C.) referido à área

US\$/habitação

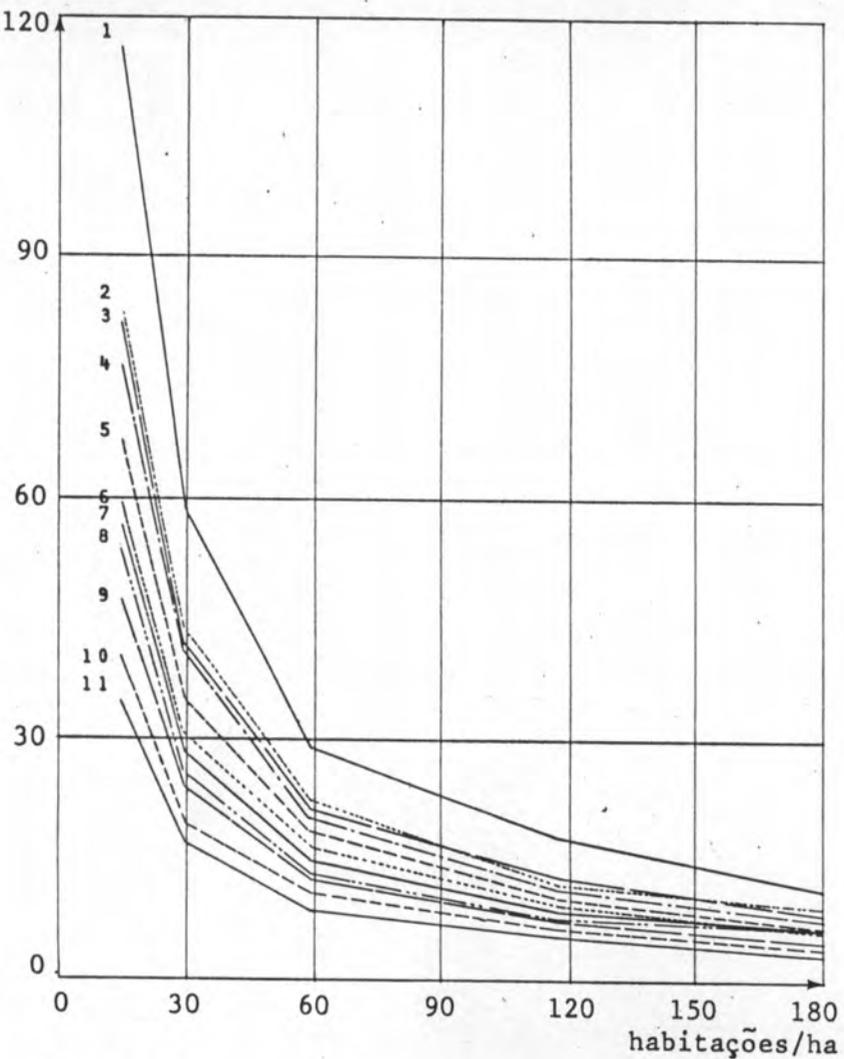


Figura 10  
Custo da rede secundária (Cimento Amianto) referido à habitação

US\$/habitação

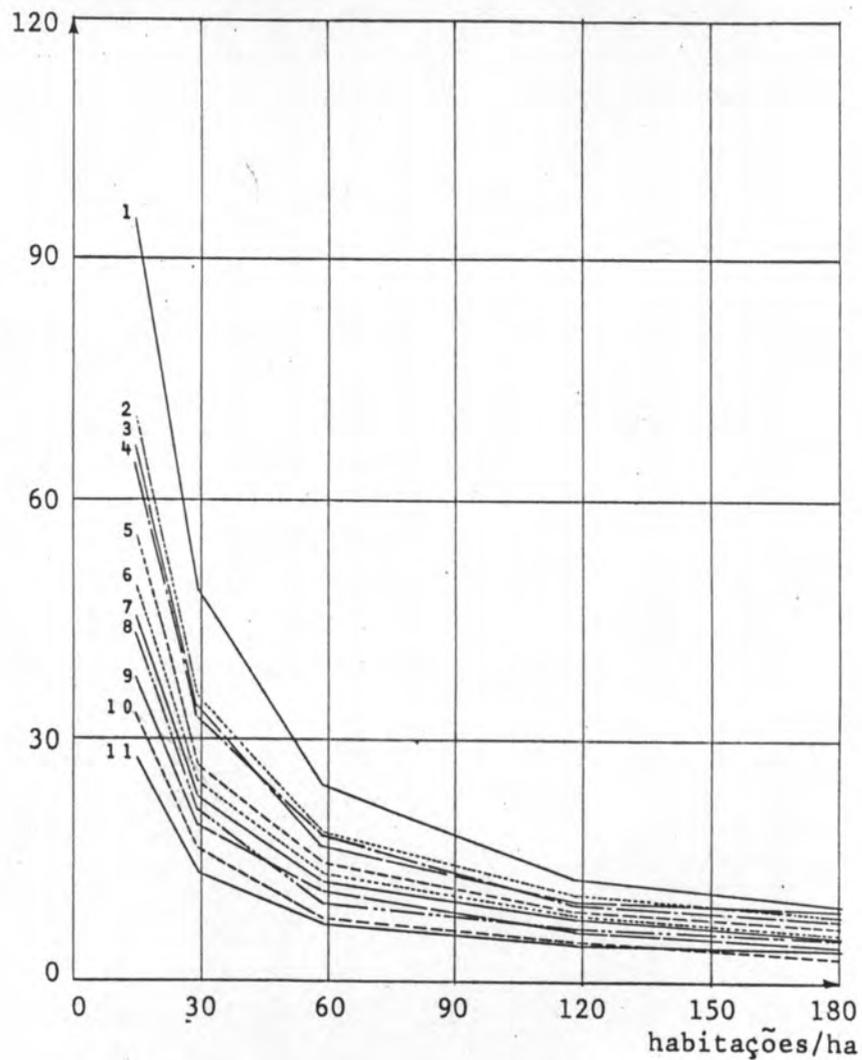


Figura 11  
Custo da rede secundária (P.V.C.) referido à habitação

ce que melhor exprime as variações de custo em função dos parâmetros que afetam as características da rede primária (área e densidade). Os custos totais referidos às respectivas áreas e às habitações servidas são índices de custo que não tem significado tomados isoladamente.

As figuras 12 e 13, mostram os custos totais da rede primária em função da densidade, para diferentes áreas.

#### 4.3. Custos da Rede de Distribuição

Para efeito de orçamento da rede de distribuição dos modelos de rede primária, em cimento amianto e em ferro fundido, foram acrescentadas respectivamente as parcelas relativas a rede secundária típica ("xadrez" de 100 x 100 m) em cimento amianto e em P.V.C.

Os custos totais da rede de distribuição assim obtidos para cada um dos modelos, mostram-se nas figuras 14 e 15.

Os custos totais foram referidos às áreas abastecidas pelas redes de distribuição e o resultado para os diferentes modelos é apresentado nas figuras 16 e 17.

Por sua vez, as figuras 18 e 19, mostram os mesmos custos totais, agora referidos às habitações servidas pelas redes de distribuição dos distintos modelos.

Através dos modelos estudados constatou-se que para uma mesma área, a forma dos modelos não introduz mudanças significativas nos custos totais das redes de distribuição.

A distribuição de densidades foi também objeto de análise no que diz respeito às variações de custo que poderia provocar.

Para isto foram estudados modelos de densidades uniformemente distribuída e modelos com altas densidades no centro dos mesmos.

x 10<sup>3</sup> US\$

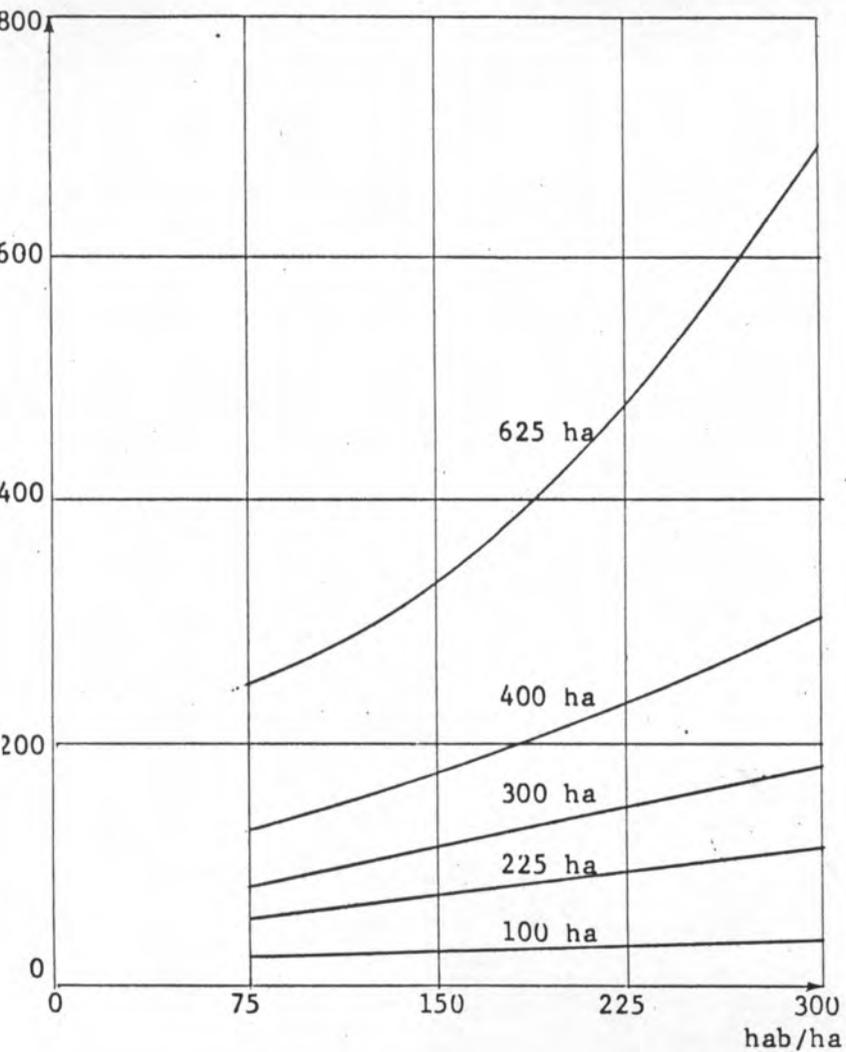


Figura 12  
Custos totais da rede primária (Cimento Amianto)  
para diferentes áreas

x 10<sup>3</sup> US\$

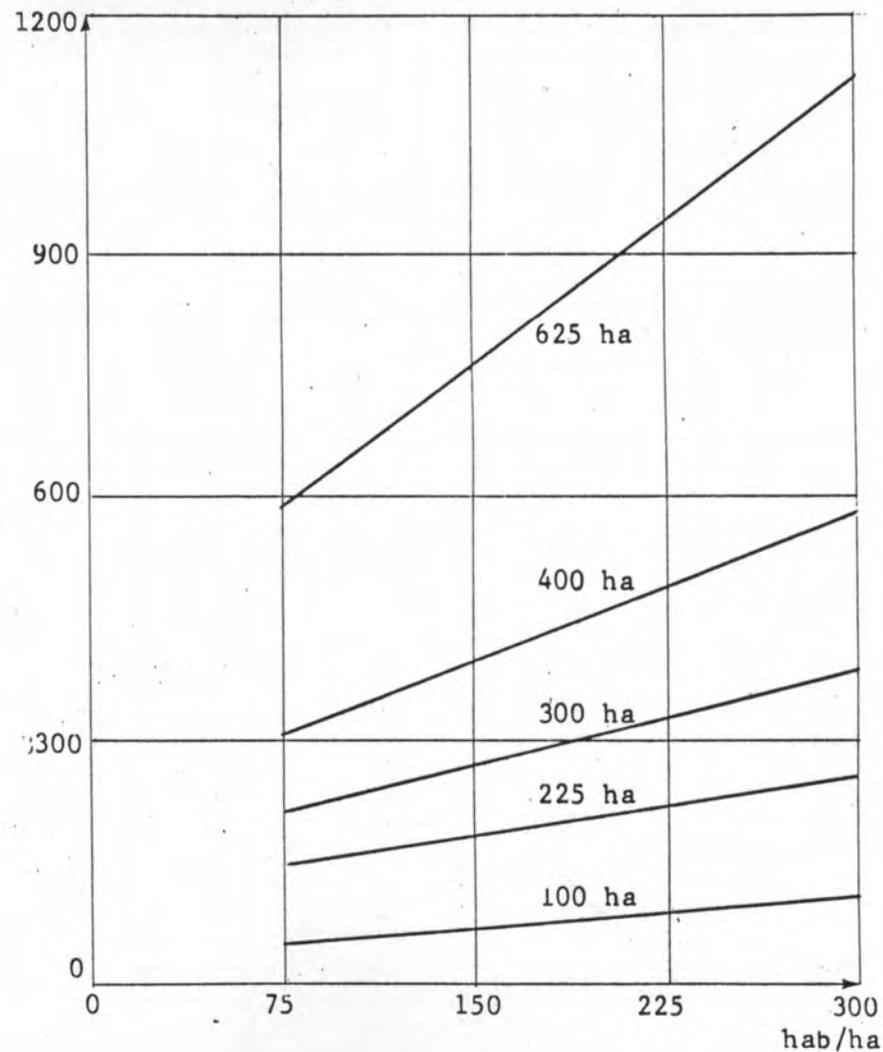


Figura 13  
Custos totais da rede primária (Ferro Fundido)  
para diferentes áreas

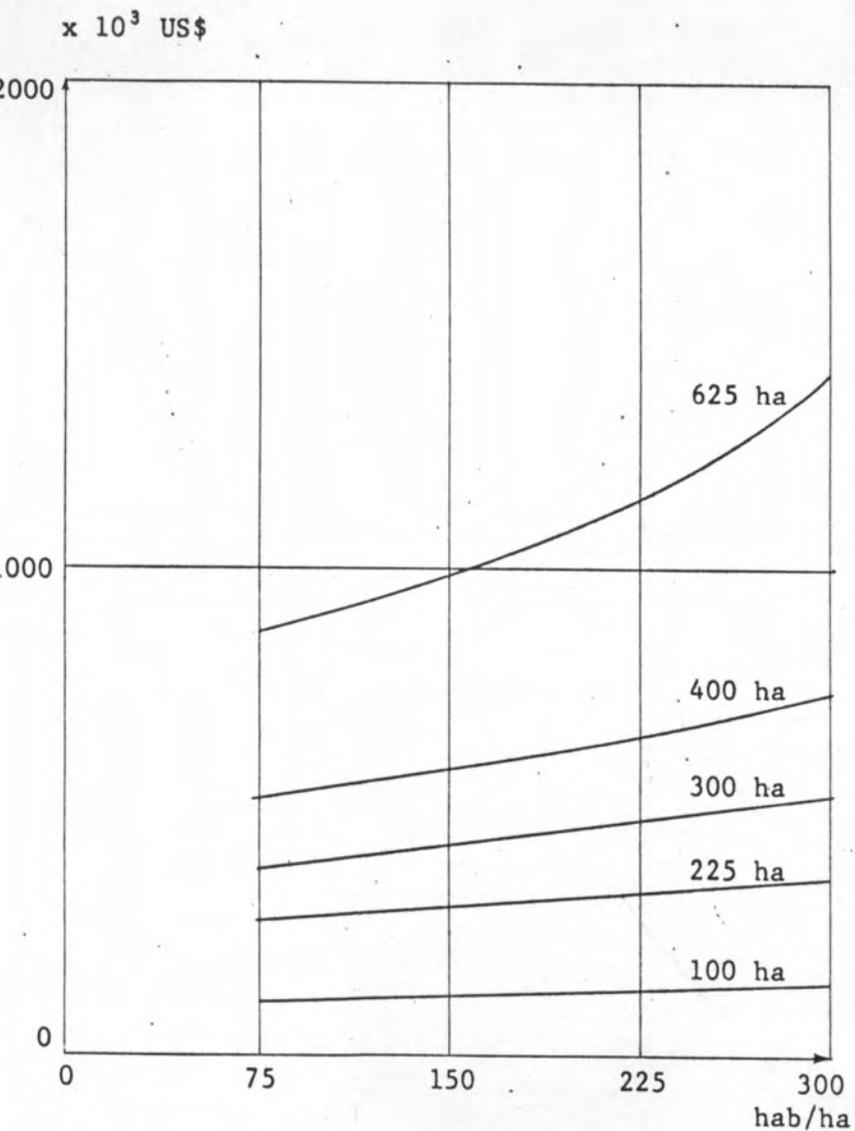


Figura 14  
Custos totais da rede de distribuição (Cimento A mianto) para diferentes áreas

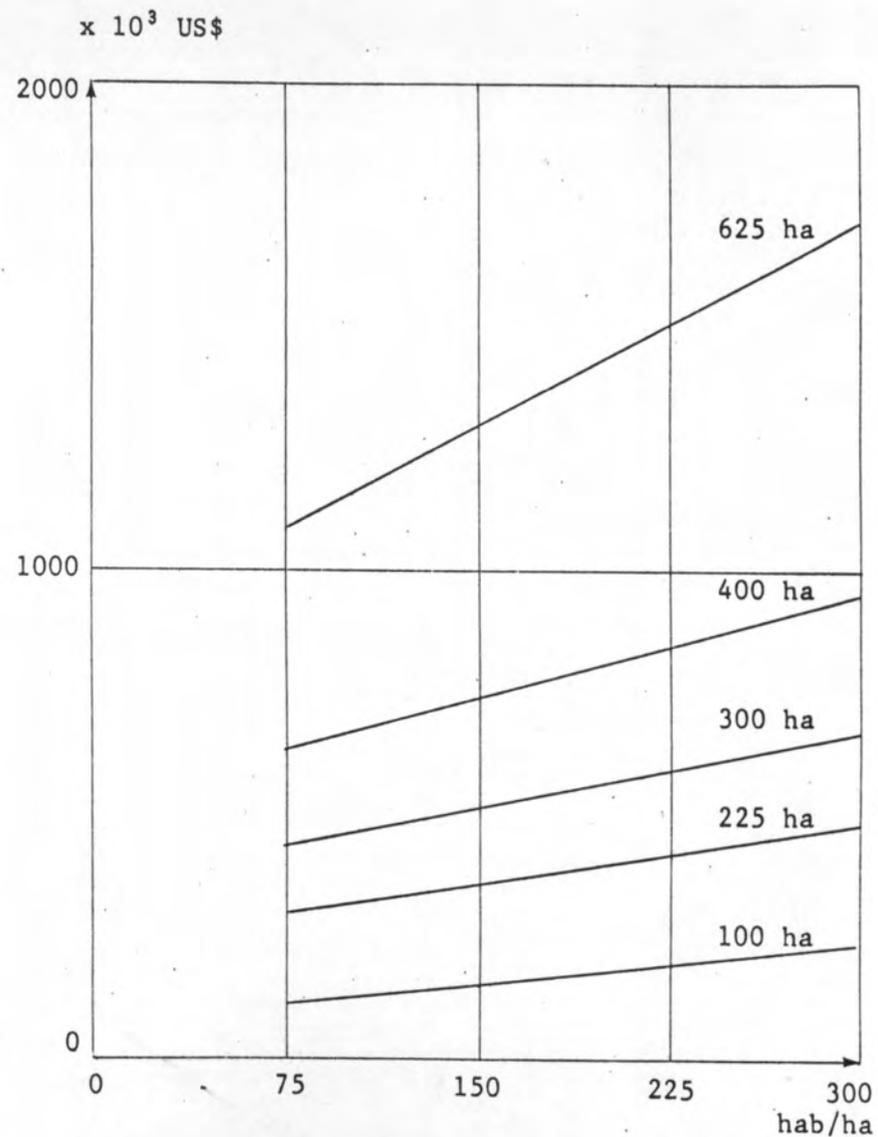


Figura 15  
Custos totais da rede de distribuição (P.V.C. e Ferro Fundido) para diferentes áreas

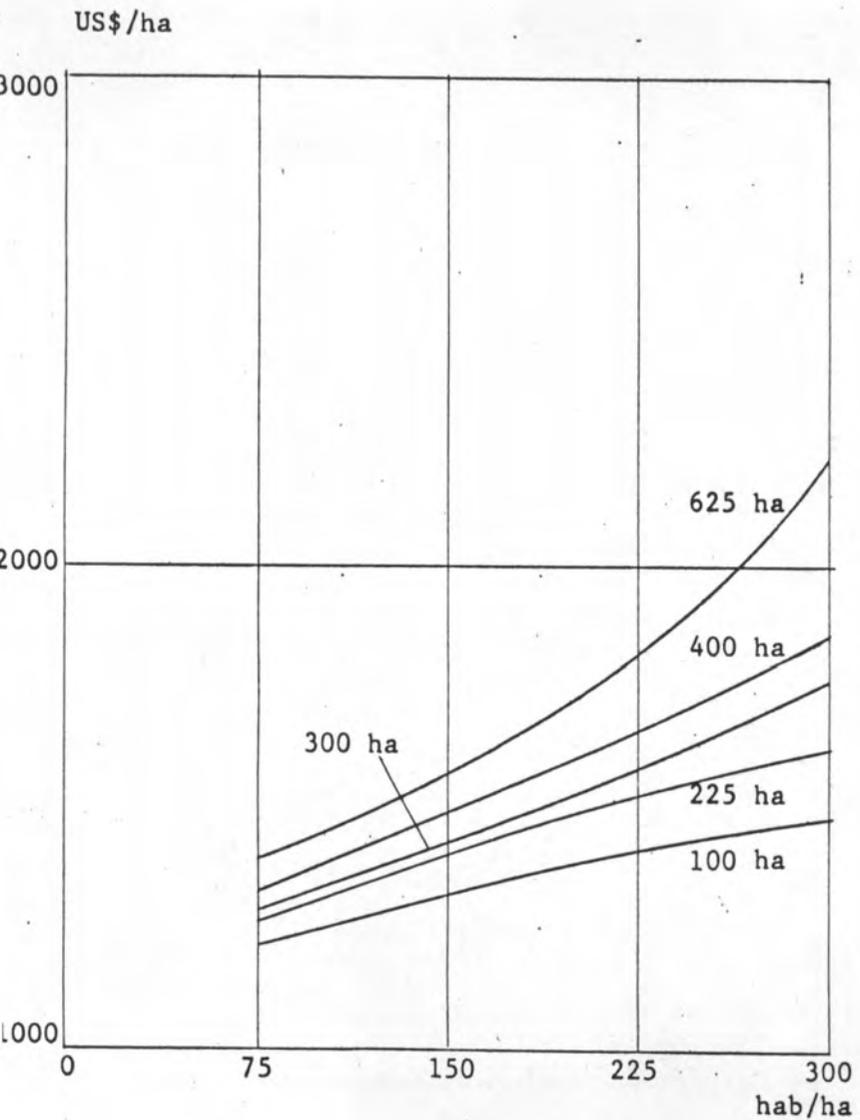


Figura 16  
Custo da rede de distribuição (Cimento Amianto)  
referido à área

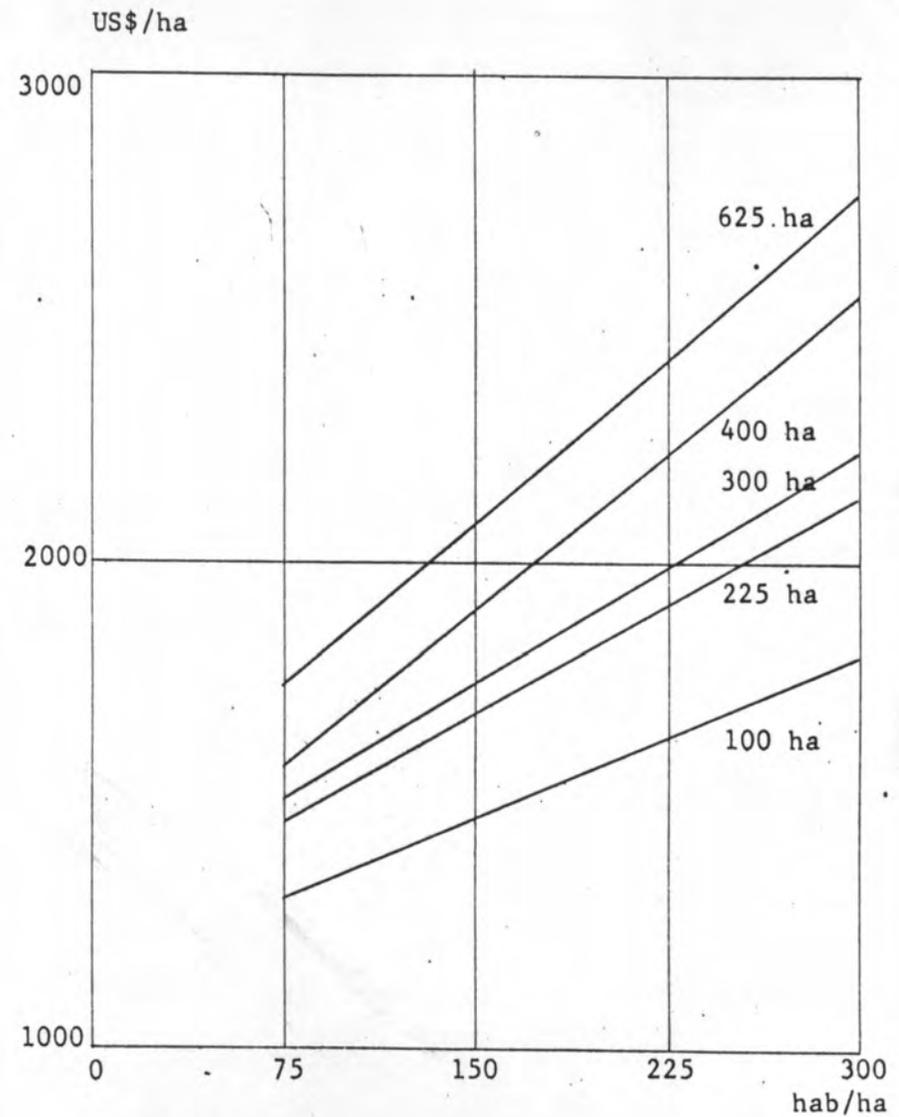


Figura 17  
Custo da rede de distribuição (P.V.C. e Ferro Fun-  
dido) referido à área

US\$/habitação

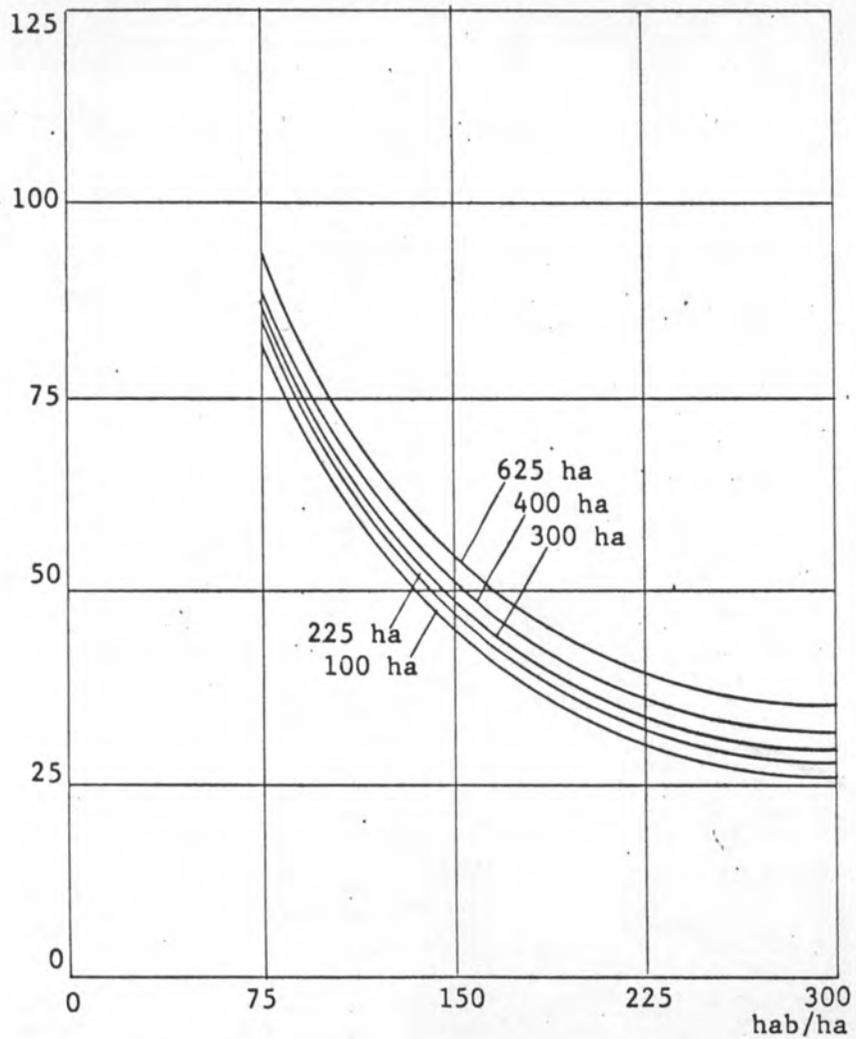


Figura 18

Custo da rede de distribuição (Cimento Amianto) referido às habitações servidas

US\$/habitação

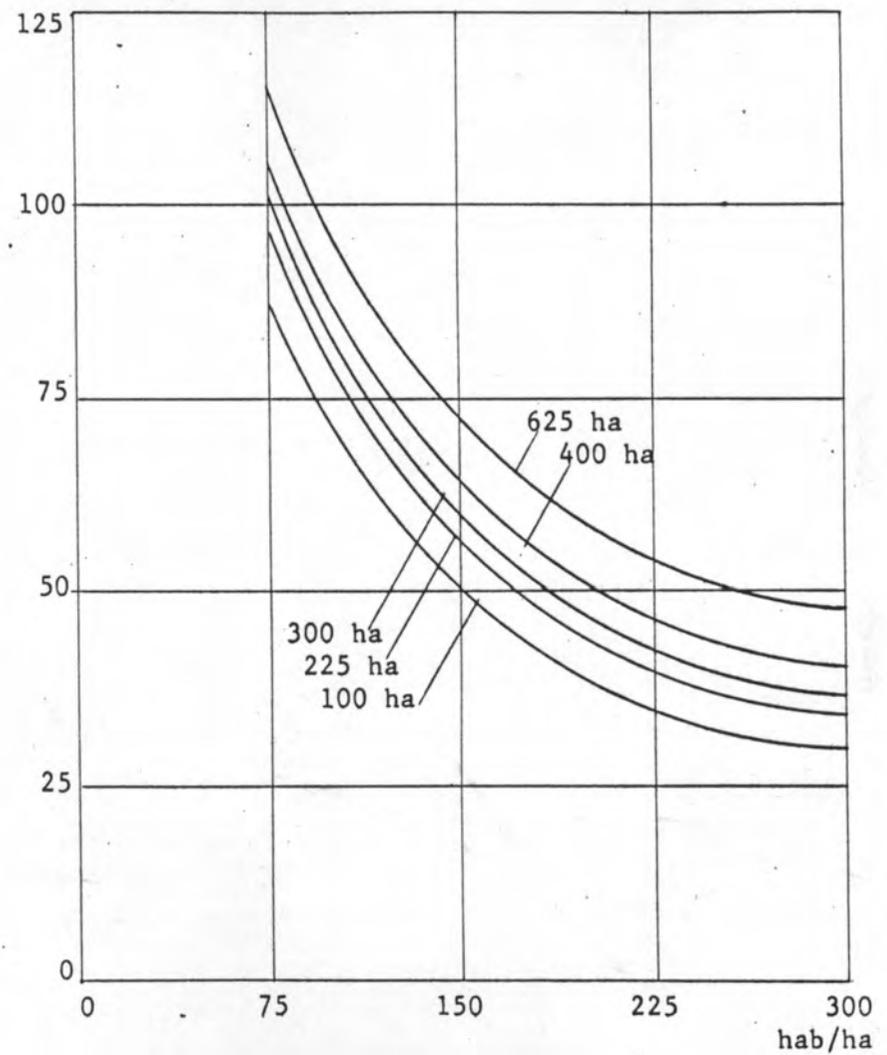


Figura 19

Custo da rede de distribuição (P.V.C. e Ferro Fundido) referido às habitações servidas

Os gráficos das figuras 20 e 21, mostram respectivamente os custos totais dos modelos de redes de distribuição, em cimento amianto e em ferro fundido e P.V.C., para modelos com densidades uniforme e desuniformemente distribuídas de áreas iguais a 400 hectares.

## V. LIGAÇÕES PREDIAIS E MICROMEDIÇÃO

Entende-se por ligação predial em um sistema de abastecimento de água o conjunto de dispositivos que tem por finalidade de estabelecer comunicação entre a rede de distribuição, em particular a canalização distribuidora de rua, e a instalação predial de um edifício.

É constituída, essencialmente, das seguintes partes:

- dispositivo de tomada: conjunto de peças dispostas junto à canalização distribuidora, tendo por finalidade permitir a conexão do ramal predial à rede pública.

Tipos: colar e com ferrule.

ramal predial : trecho de tubulação desde o dispositivo de tomada até o medidor ou início da instalação interna.

Materiais: ferro galvanizado, cobre e plástico.

- medidores: destinados a medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora a uma instalação predial.

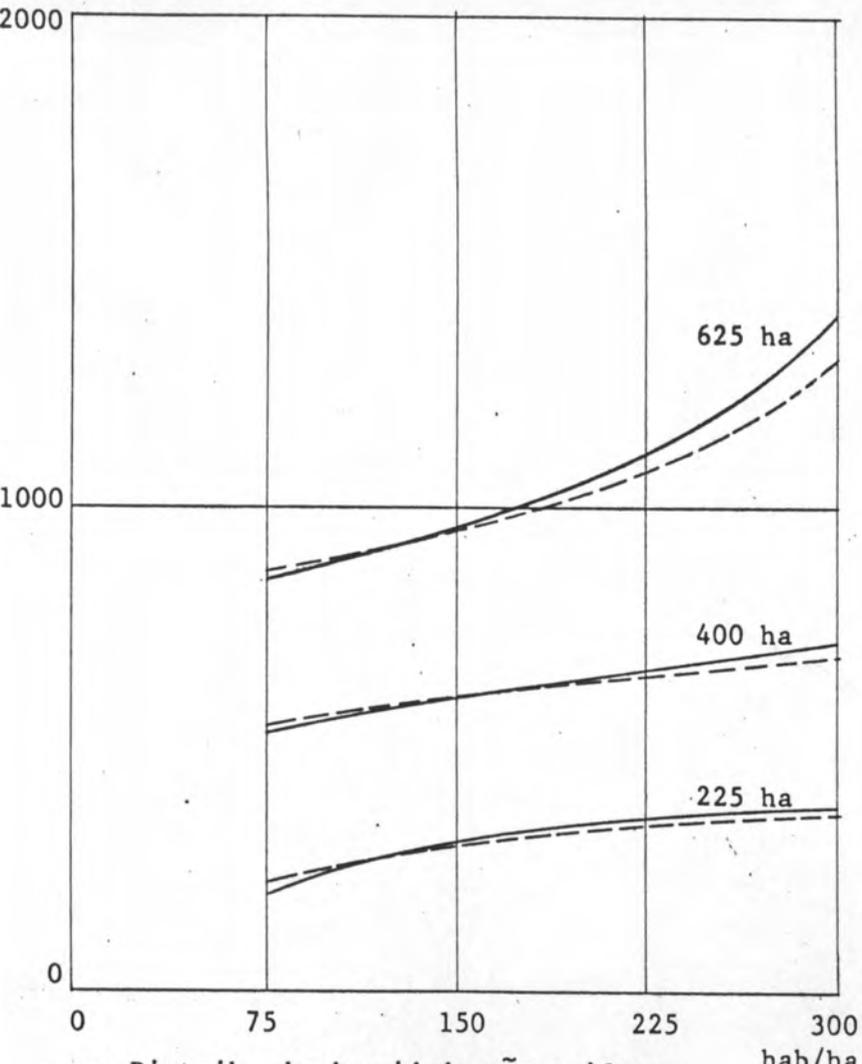
### 5.1. Caracterização de uma "Situação Padrão"

Entende-se por "Situação Padrão" da ligação predial, uma série de características adotadas, relativas às condições naturais e locais do lugar da obra, aos serviços de construção e aos materiais empregados na execução da ligação predial.

Considerou-se então como "Situação Padrão" da ligação predial, a seguinte:

- material: colar de tomada de ferro fundido; tubo de ferro galvanizado  $\varnothing$  3/4"; hidrômetro de 3 m<sup>3</sup>
- tipo de solo: terra e terrenos duros

x 10<sup>3</sup> US\$

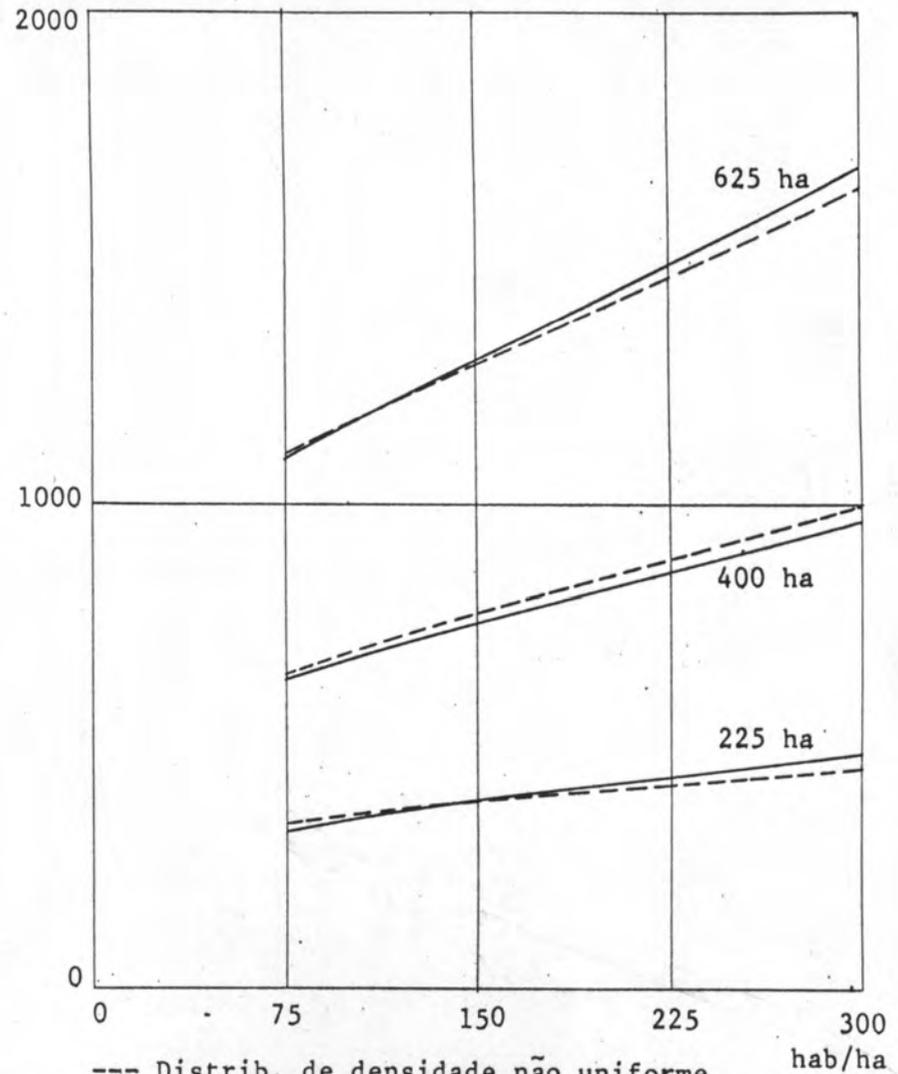


--- Distrib. de densidade não uniforme  
— Distribuição uniforme de densidade

Figura 20

Influência da distribuição de densidade no custo total (Cimento Amianto)

x 10<sup>3</sup> US\$



--- Distrib. de densidade não uniforme  
— Distribuição uniforme de densidade

Figura 21

Influência da distribuição de densidade no custo total (P.V.C. e Ferro Fundido)

- vala: retangular de 0,40 x 0,40 m de secção
- movimento de terra: idem redes
- outras considerações: demais características (peças especiais).

## 5.2. Custos das Ligações Prediais

Através das composições de preços unitários conseguiram-se isolar os "custos fixos" da ligação predial, que seriam as parcelas de custo invariáveis para cada ligação, independentes do comprimento do ramal predial e de eventuais rompimentos e repavimentações do local de implantação.

Os "custos fixos" das ligações prediais ("Situação Padrão") para distintos diâmetros das tubulações distribuidoras são mostradas na tabela II, e os "custos variáveis", dependentes das características do local de implantação, são mostrados na tabela III.

TUBULAÇÃO DISTRIBUIDORA	CUSTOS FIXOS
$\varnothing$	Cr\$
50	1.046,11
60	1.061,71
75	1.068,21
100	1.092,91
125	1.138,41
150	1.144,91
200	1.177,41
250	1.220,31
300	1.229,41
350	1.311,31
400	1.356,81

Tabela II - "Custos Fixos" das ligações prediais

SERVIÇOS E MATERIAIS	CUSTOS VARIÁVEIS
Escavação	22.41 Cr\$/m <sup>3</sup>
Reaterro	17.78 Cr\$/m <sup>3</sup>
Tube F.Galvanizado	27.47 Cr\$/ml
Rompimento e Repavimentação leito carroçável	278.00 Cr\$/m <sup>2</sup>
Rompimento e repavimentação Passeio	82.99 Cr\$/m <sup>2</sup>

Tabela III- "Custos Variáveis" das ligações prediais

### 5.3. Local de Implantação

Para fins de comparação de custos, consideraram-se as seguintes variações das características do local de implantação:

- largura das ruas: leito carroçável mais passeios: 11, 15 e 19 m
- pavimentos das ruas: não existente
- pavimento no passeio: de concreto magro e não existente
- pavimento no leito carroçável: asfáltico
- tubulação distribuidora: no centro do leito carroçável
- localização: em um e em ambos os passeios

Considerando-se as características do local de implantação, anteriormente citadas, foram analisadas as seguintes alternativas:

- alternativa 1: rede no centro da rua - leito e passeio não pavimentados
- alternativa 2: rede no centro da rua - leito e passeio pavimentados
- alternativa 3: rede no passeio - leito e passeio não pavimentados
- alternativa 4: rede no passeio - leito pavimentado e passeio não pavimentado
- alternativa 5: rede no passeio - leito e passeio pavimentados
- alternativa 6: rede em ambos os passeios - leito e pas -

		REDE NO CENTRO DA RUA		REDE NO PASSEIO			REDE DUPLA NOS PASSEIOS *		
PASSEIOS		NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO
LEITO CARROÇÁVEL		NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	NÃO PAVIMENTADO	PAVIMENTADO	PAVIMENTADO
DIÂMETRO TUBULAÇÃO DISTRIBU.	LARGURA DA RUA (m)	CUSTO (x 10 <sup>3</sup> Cr\$)							
50 mm	11	1,27	1,87	1,27	1,66	1,77	1,11	1,11	1,18
	15	1,34	2,12	1,35	1,91	2,03	1,12	1,12	1,20
	19	1,41	2,37	1,42	2,20	2,29	1,13	1,13	1,22
100 mm	11	1,32	1,92	1,32	1,71	1,82	1,13	1,13	1,16
	15	1,34	2,17	1,40	1,95	2,08	1,14	1,14	1,22
	19	1,46	2,42	1,47	2,20	2,34	1,15	1,15	1,24
150 mm	11	1,37	1,97	1,37	1,76	1,87	1,16	1,16	1,23
	15	1,44	2,22	1,45	2,00	2,13	1,17	1,17	1,25
	19	1,51	2,47	1,52	2,25	2,39	1,18	1,18	1,27

Tabela IV - Custos médios das ligações para diferentes alternativas do local de implantação. Entende-se por custos "médios" a média dos custos das ligações de ambos os lados

\* Não inclui o custo da tubulação adicional

Cr\$ 58,49/ml em passeio não pavimentado

Cr\$119,98/ml em passeio pavimentado

seio não pavimentados

- alternativa 7; rede em ambos os passeios - leito pavimentado e passeio não pavimentado
- alternativa 8: rede em ambos os passeios - leito e passeio pavimentados

#### 5.4. Situação Típica dentro da Rede de Distribuição

Visando estabelecer para a ligação predial uma situação típica dentro da rede de distribuição de água, foram analisadas as seguintes considerações:

- a tubulação distribuidora está localizada no passeio, o que ocorre na maioria das vezes;
- o diâmetro da tubulação distribuidora fixou-se em 50 mm., dada a sua ocorrência na rede de distribuição e a pouca influência deste no custo da ligação;
- a largura da rua foi fixada em 15 m, porque estimou-se que seria o mais representativo dentro da malha urbana;
- o custo será o custo "médio" das ligações de ambos os lados;
- o número de ligações foi fixado em 15 ligações por hectare.

#### VI. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E CUSTOS DOS SISTEMAS DE ÁGUA ENCANADA

Excetuando-se a rede de distribuição e as ligações do miciliares, chamaram-se de Obras Gerais os demais órgãos constitutivos do sistema de abastecimento de água, a saber: captação, adução, recalque, tratamento e reservação.

A fixação dos parâmetros, necessária para a avaliação dos custos de construção das Obras Gerais, teve um caráter estatístico, porque essas são sempre dependentes das condições locais, sendo assim impraticável analisá-las através de modelos semelhantes aos empregados para as redes.

As tabelas V e VI nos dão os percentuais de custos dos diferentes órgãos constitutivos dos sistemas de abastecimento de água e seus respectivos custos "per capita".

6.1. Captação - Adotou-se o manancial superficial como a forma de captação para os modelos de sistemas de abastecimento devido a sua alta incidência porcentual nos municípios estudados.

6.2. Adução - Adotou-se para os modelos, adução de tubo de ferro fundido, tendo em vista sua maior ocorrência. Parâmetros fundamentais de custo: o material, o diâmetro e o comprimento da adutora.

A figura 22 nos dá o comprimento da adutora em função da população.

6.3. Recalque - Estudo baseado fundamentalmente na caracterização do conjunto elevatório (potência do conjunto motor-bomba). Parâmetros fundamentais de custo: potência do conjunto elevatório e as obras civis que abrigam os equipamentos das estações elevatórias.

A figura 23, nos dá as potências dos conjuntos elevatórios em função da população. O custo unitário do HP instalado atualizado para janeiro de 1977, convertido em dólar conforme cotização de Cr\$ 12,55 , e adotado na estimativa do custo de construção foi de US\$ 159,24.

6.4. Tratamento - Adotou-se para os modelos o tipo convencional de tratamento de água. Parâmetro fundamental de custo: capacidade de estação de tratamento.

A figura 24 apresenta os custos de construção das estações de tratamento do tipo convencional em função do volume diário tratado.

6.5. Reservação - Adotou-se para os modelos, reservatórios elevados ou enterrados. Parâmetro fundamental de custo: volume de água a armazenar.

ÓRGÃO DO SISTEMA	CASO DE CAPTAÇÃO POR POÇOS	CASO DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL
1 - Captação		
a) Por Poços	15 a 30%	-
b) Superficial	-	até 5%
2 - Adução	5 a 10%	10 a 30%
3 - Tratamento	-	14 a 32%
4 - Recalque	5 a 15%	até 7%
5 - Reservação	5 a 12%	5 a 15%
6 - Rede	50 a 60%	40 a 60%

Tabela V - Variações percentuais dos custos dos diferentes órgãos de um sistema de abastecimento de água  
 Fonte : Prof. J. M. Azevedo Netto in "Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água".

OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (INTERIOR DE SÃO PAULO)		
ÓRGÃOS DO SISTEMA	INCIDÊNCIA NO CUSTO TOTAL DO SISTEMA	CUSTO "PER CAPITA" (UPC/CAP)
1 - CAPTAÇÃO E ADUÇÃO	15 A 25%	1,6
2 - TRATAMENTO	10 A 16%	1,0
3 - RESERVAÇÃO	7 A 9%	0,6
4 - REDE	45 A 55%	4,0
5 - LIGAÇÕES E MICROMEDIÇÃO	9%	0,7

Tabela VI - Variações percentuais dos custos dos diferentes órgãos de um sistema de abastecimento de água.  
 Fonte : Prof. José M. Azevedo Netto SABESP (19 sems. 1977)

Comprimento da Adutora km

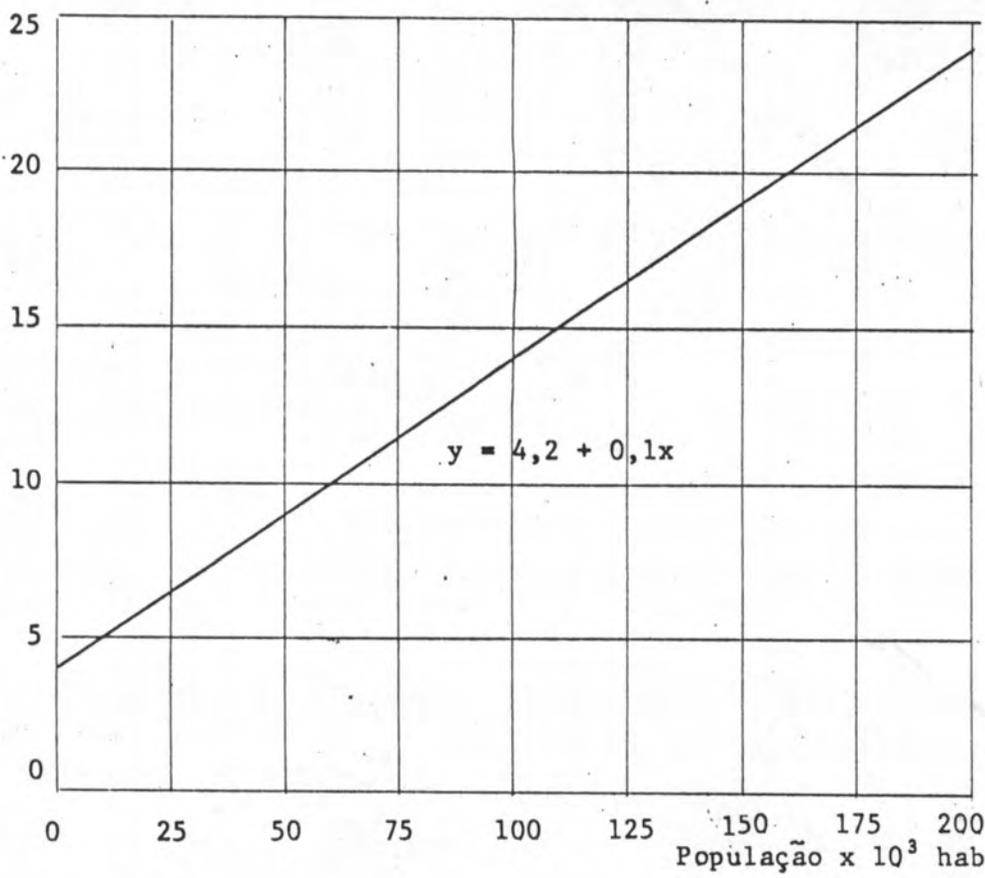


Figura 22

Potência do Recalque H.P.

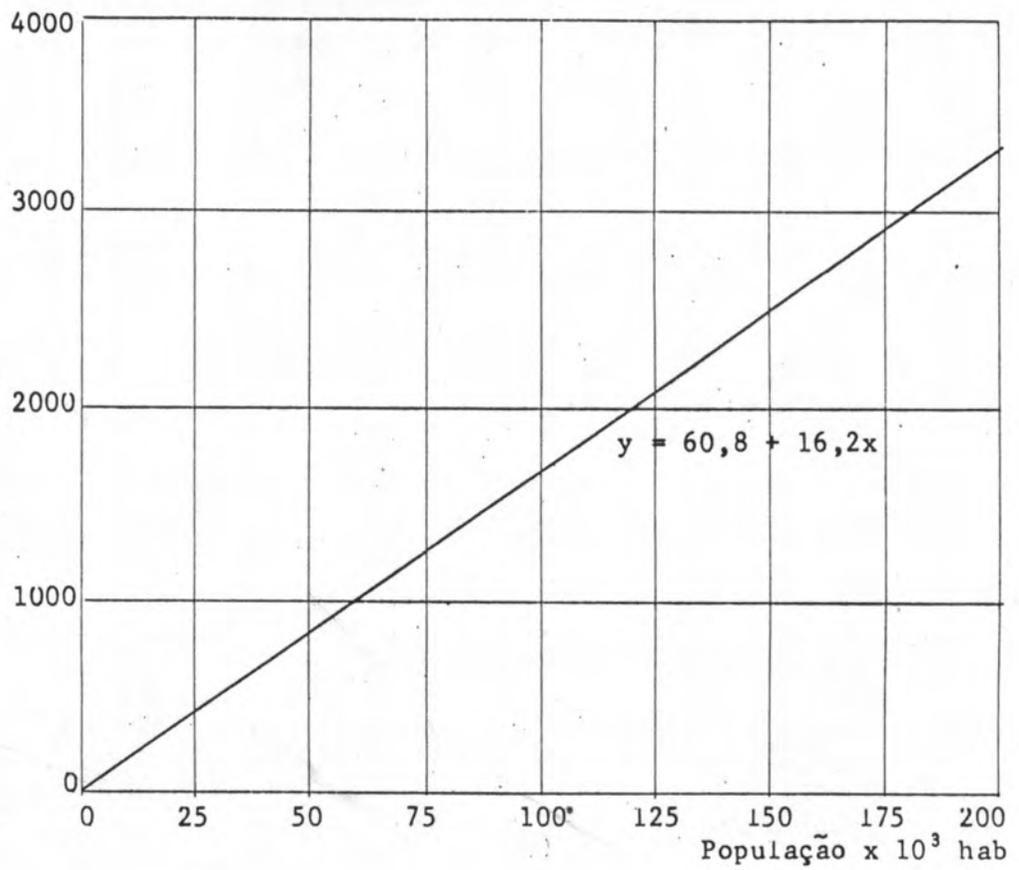


Figura 23

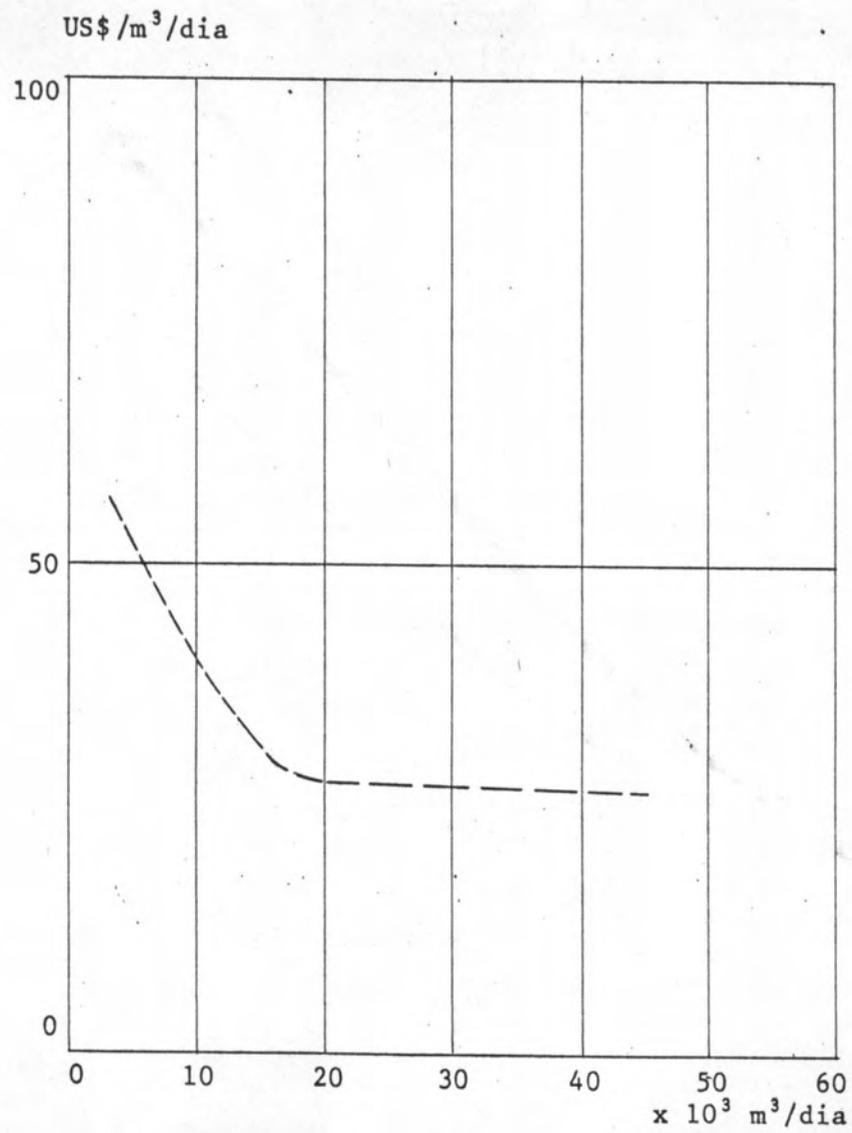


Figura 24  
 Custo da estação de tratamento de água  
 Fonte: Eng<sup>o</sup> Mazzini Mandarano - FESB(4.8)

A figura 25, mostra os custos de construção dos reservatórios elevados e enterrado em função de suas capacidades.

## VII. CORRELAÇÃO DOS CUSTOS DESTA REDE COM DIVERSAS VARIÁVEIS DE INTERESSE E CONCLUSÕES

Define-se como modelo de sistema urbano de abastecimento de água, o conjunto formado pelas Obras Gerais, pelas redes de distribuição e pelas ligações prediais. Cabe lembrar que até o momento, do ponto de vista dos custos, as diversas partes que compõem o sistema de abastecimento de água dos modelos apresentam as seguintes características:

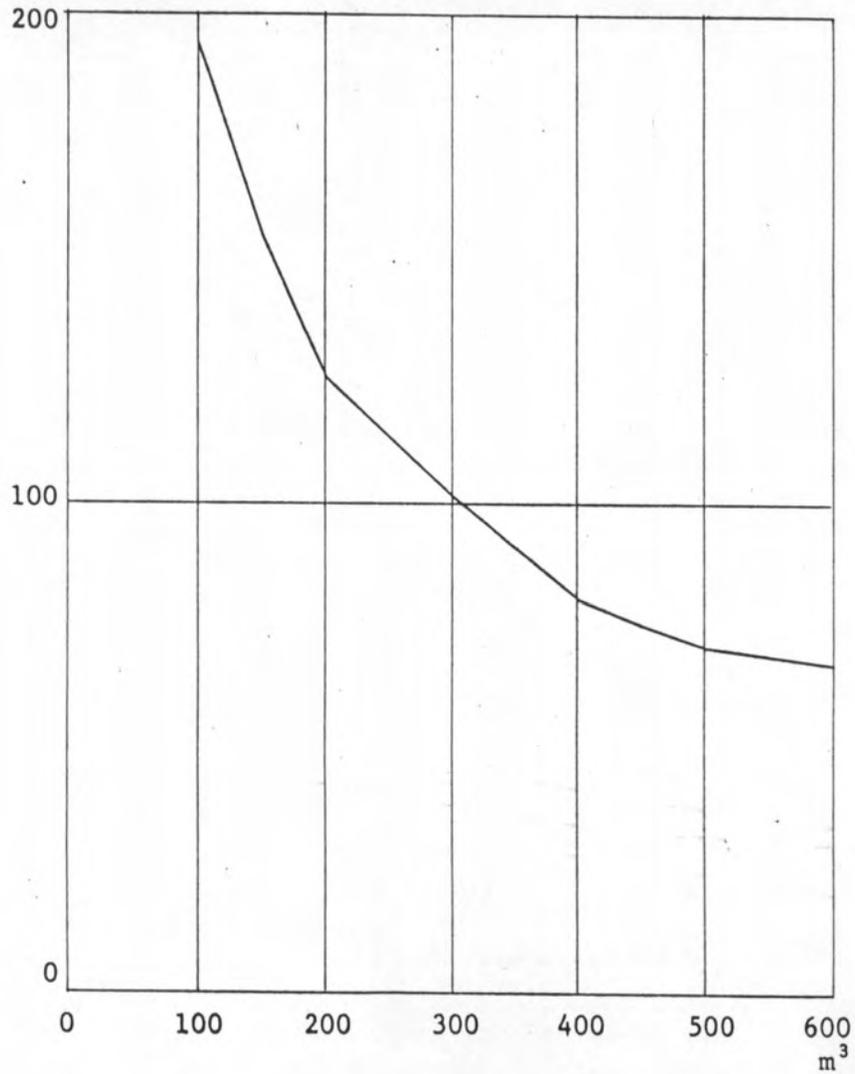
- as redes de distribuição dos modelos tem seus custos totais orçado para a "situação padrão"
- já foi definida uma situação típica para as ligações prediais, dentro da rede de distribuição de cada um dos modelos
- as Obras Gerais já estão perfeitamente identificadas para cada um dos modelos

### 7.1. Situações de Implantação

Para efeito de estimativa de custos dos modelos de sistemas de abastecimento de água, houve a necessidade de considerarem-se algumas situações reais de implantação das redes de distribuição e das ligações prediais, a saber:

- necessidade de se adicionar aos custos das redes de distribuição orçado para a "Situação Padrão", as parcelas relativas aos serviços que não foram quantificados quando do orçamento propriamente dito, mas que se faziam necessários para formar a infraestrutura de implantação das obras (instalação de canteiros, serviços preliminares, cadastro, serviços auxiliares, etc.).
- necessidade de se considerar o momento de implantação das redes de distribuição e das ligações prediais para se definirem os acréscimos de custos resultantes da interferência com aquelas obras de infraestrutura urbana que mais de perto afetariam as obras de implantação (em especial a infraestrutura "pavimentação").

US\$/m<sup>3</sup> Reservatório Elevado



US\$/m<sup>3</sup> Reservatório Enterrado ou Semi-enterrado

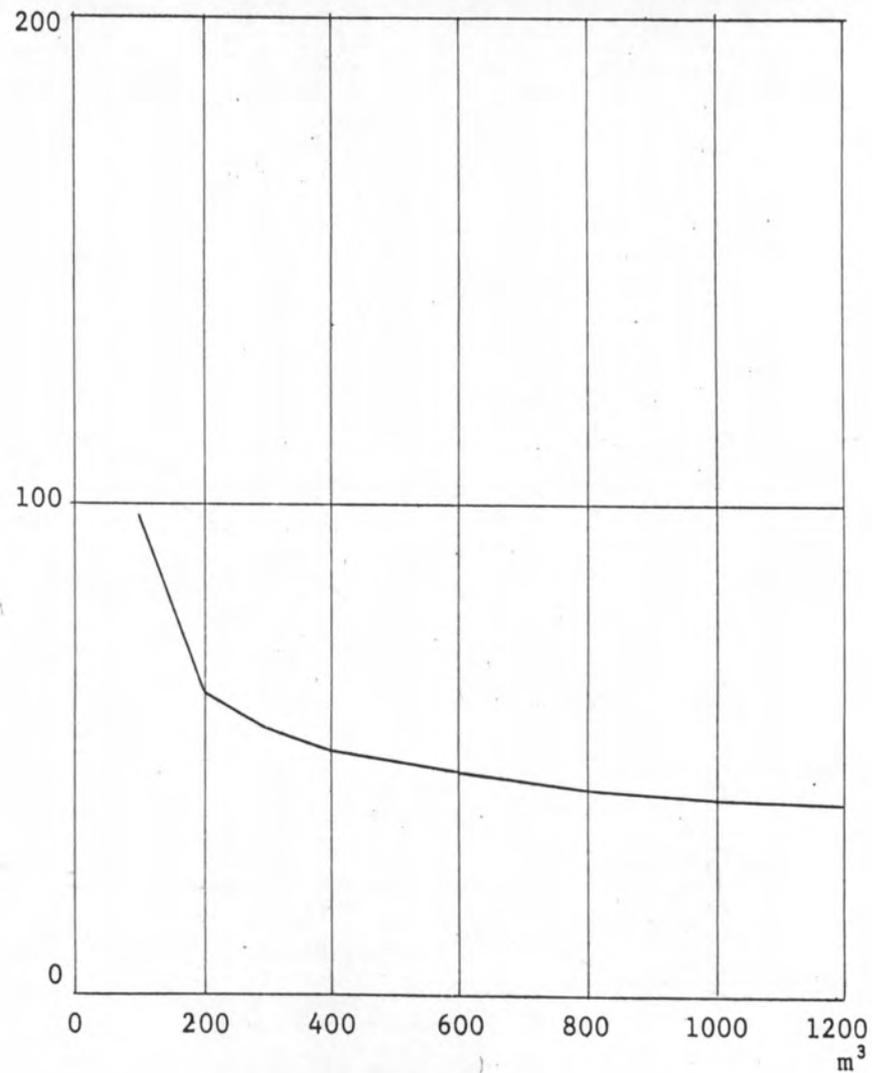


Figura 25  
Custo dos reservatórios de distribuição  
Fonte\_ Eng<sup>o</sup> Mazzini Mandarano - FESB (4.8)

Os valores de porcentagem de acréscimo finalmente adotados foram de 17% para as redes que empregam tubos de cimento amianto e 12% naquelas que utilizam ferro fundido e P.V.C.

No que se refere aos acréscimos resultantes das interferências da infraestrutura "pavimentação" nas obras de implantação das redes de distribuição e das ligações prediais, foram consideradas algumas alternativas cujos custos podem ser apreciados no trabalho "Estudo de Custos de Infraestrutura em Cidades de Porte Médio" do Grupo de pesquisa em Economia e Racionalização da Construção FAUUSP, págs. 105 a 108.

### 7.2. Custo Total do Sistema

Com fins de se obter o custo total dos modelos de sistema de abastecimento de água, foi adotada a alternativa III (P.V.C. e Ferro Fundido) como alternativa de implantação das redes de distribuição e das ligações prediais.

Os custos desta alternativa acrescidos dos custos das respectivas Obras Gerais, resultaram nos custos totais dos sistemas de abastecimento de água para cada um dos modelos.

A tabela VII resume, para diferentes densidades, os percentuais médios de custos das Obras Gerais e a Distribuição além do custo total "per capita" médio.

As figuras 26, 27 e 28, mostram respectivamente os custos totais, por área e por habitação servida dos sistemas de abastecimento de água em função das densidades demográficas brutas médias das áreas servidas, para cada um dos modelos estudados.

### 7.3. Custos Anuais

Os custos anuais abrangem as despesas necessárias à remuneração de todos os fatores alocados na operação, manutenção, administração, além de custos financeiros pelo capital investido na construção dos sistemas de abastecimento de água. Compõem-se basicamente de três parcelas:

Densidade Média dos Modelos	Obras Gerais	Distribuição	Custo Total "Per-Capita"
hab/ha	%	%	U.P.C./hab
75	35	65	7,3
150	49	51	4,9
300	64	36	3,8

Tabela VII. - Percentuais médios de custos dos órgãos do sistema e custos totais médios "per-capita" para modelos de sistemas de abastecimento de água.

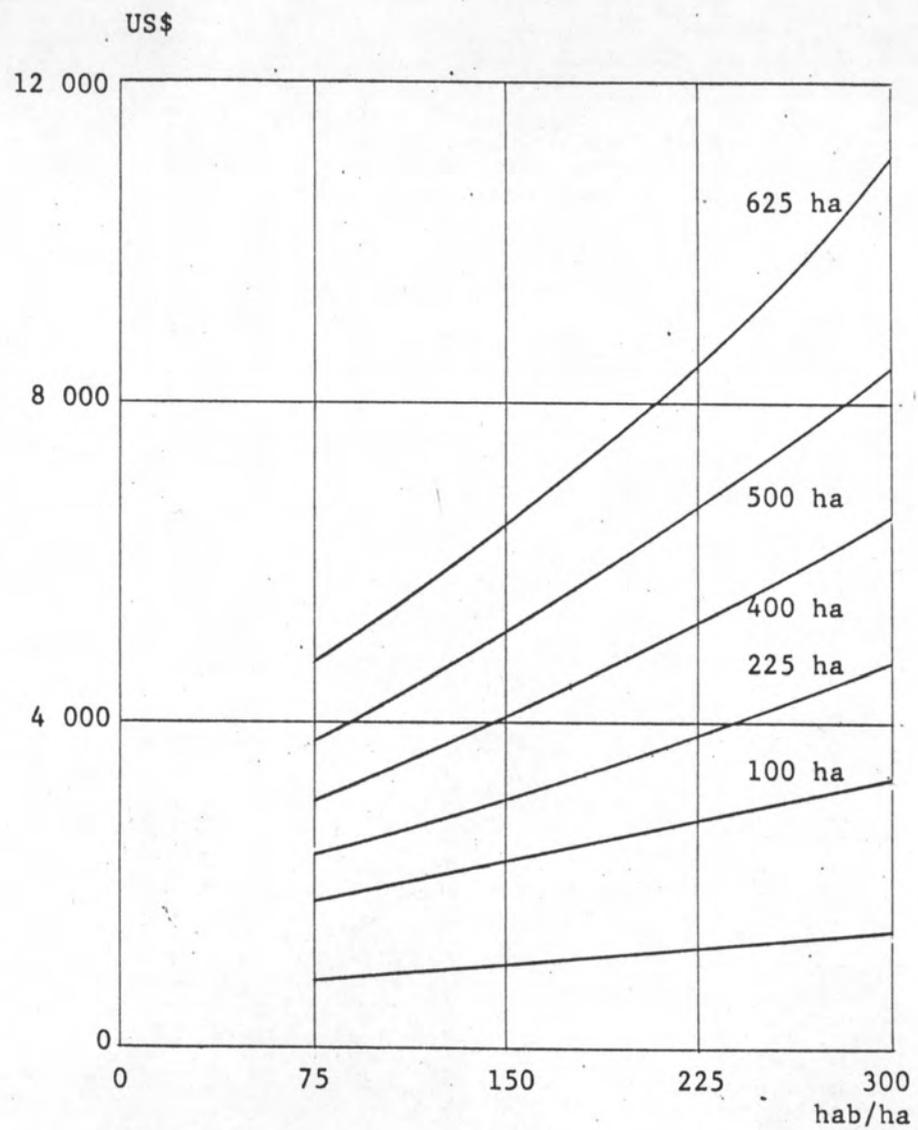


Figura 26  
 Custos totais dos modelos de sistema de abasteci-  
 mento de água

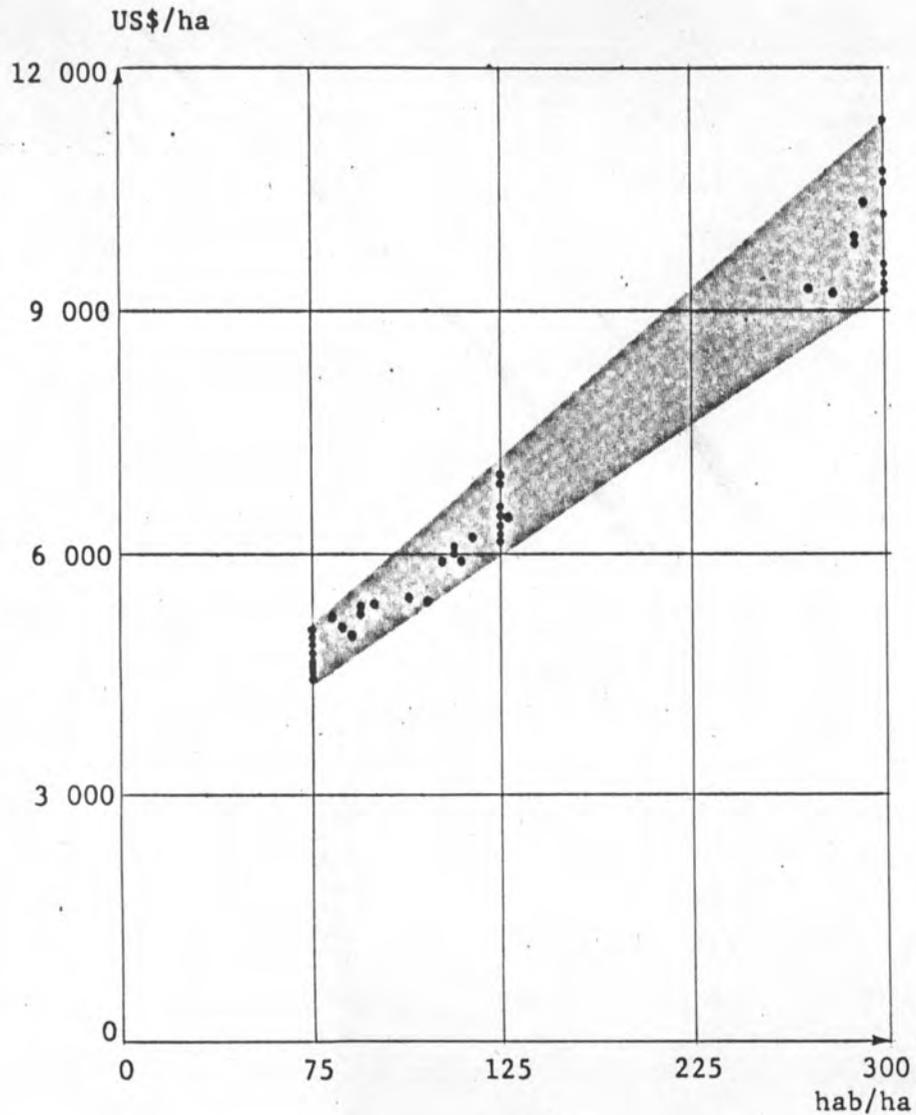


Figura 27  
Custos dos modelos de sistemas de abastecimento de água referidos às áreas abastecidas

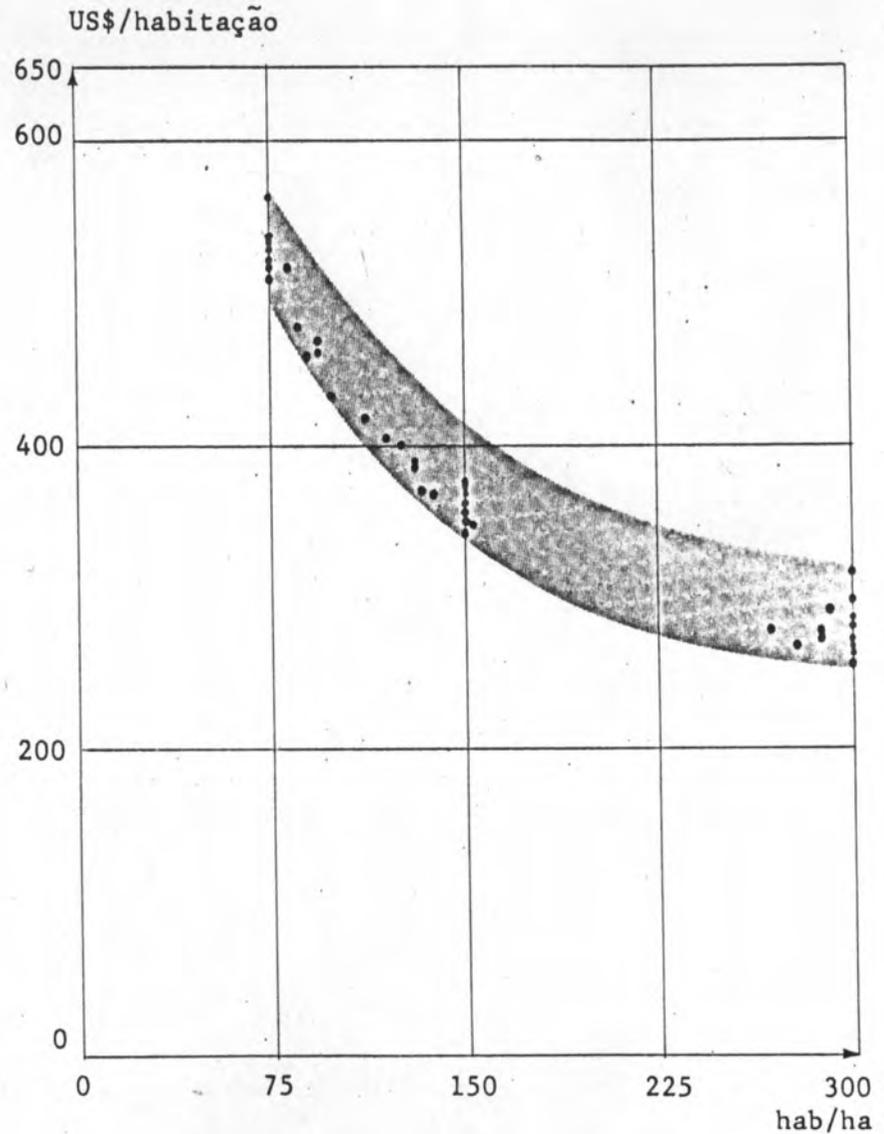


Figura 28  
Custos dos modelos de sistemas de abastecimento de água referidos às habitações servidas

DOM - despesas com a operação, manutenção e administração do sistema (pessoal, materiais, energia, transporte e despesas gerais). Parcela mais significativa: ítem pessoal (superior a 60% da despesa total).

DEP - depreciação dos bens, instalações e equipamentos em operação. Esses custos correspondem ao desgaste dos componentes dos sistemas e devem constituir um fundo para fazer face aos investimentos de reposição, visando a impedir uma redução na capacidade do sistema.

RPO - remuneração do patrimônio operacional. Economicamente, a remuneração do patrimônio deve refletir a taxa de retorno do capital investido. Deve prover a empresa dos recursos necessários às ampliações indispensáveis ao atendimento permanente da demanda dos serviços.

Custo Anual Total = CAT = DOM + DEP + RPO.

O custo anual total para cada um dos modelos de sistemas de abastecimento de água, bem como o custo anual por habitante, por habitação e por unidade produzida (metro cúbico de água), podem ser apreciados na tabela VIII.

#### 7.4. Conclusões

Sendo que os parâmetros quantificáveis, manipuláveis por planejadores urbanos são, basicamente, traçados e densidades, cumpre destacar o seguinte:

A influência do traçado nos sistemas de abastecimento urbano de água se verifica a nível de rede secundária. Tal influência é acentuada e constatam-se variações na relação de 1 para 3 nos custos, dependendo da extensão de tubulação resultante do traçado escolhido, isto para abastecer-se a mesma população.

Por outro lado, fixado o traçado, a influência da densidade, adotada na área a abastecer pela rede secundária (mô

IDENT.	ÁREA		POPULAÇÃO		DENSIDADE MÉDIA	CUSTO DE CONSTRUÇÃO SIST. ALTERNATIVA III	CUSTO POR DEPRELÇÃO E JUROS	CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	CUSTO ANUAL TOTAL	CUSTO POR UNIDADE PRODUZIDA	CUSTO ANUAL "PER CAPITA"	CUSTO ANUAL POR HABITAÇÃO
	ha	x 10 <sup>3</sup>	hab	hab/ha								
1.1	100		7.500		75,0	10.537	706	548	1.254	2,29	167	835
1.2	100		15.000		150,0	13.960	919	1.095	2.014	1,84	134	670
1.3	100		30.000		300,0	19.902	1.267	2.190	3.477	1,59	116	580
2.1	225		16.875		75,0	22.483	1.515	1.232	2.747	2,23	163	815
2.2	225		33.750		150,0	30.912	2.035	2.464	4.499	1,83	133	665
2.3	225		67.500		300,0	43.572	2.815	4.928	7.743	1,57	115	575
2.4	225		18.750		83,3	24.520	1.640	1.369	3.009	2,20	160	800
2.5	225		30.000		133,3	27.825	1.846	2.190	4.036	1,84	135	675
2.6	225		67.500		300,0	43.358	2.802	4.928	7.730	1,57	115	575
3.1	300		22.500		75,0	30.384	2.045	1.643	3.688	2,24	164	820
3.2	300		45.000		150,0	38.640	2.555	3.285	5.840	1,78	130	650
3.3	300		90.000		300,0	60.006	3.869	6.570	10.439	1,59	116	580
3.4	300		26.250		87,5	31.474	2.112	1.916	4.028	2,10	153	765
3.5	300		33.750		112,5	35.527	2.362	2.464	4.826	1,96	143	715
3.6	300		83.750		279,2	57.718	3.728	6.114	9.842	1,61	118	590
4.1	400		30.000		75,0	35.227	2.648	2.190	4.838	2,21	161	805
4.2	400		60.000		150,0	52.888	3.489	4.300	7.869	1,80	131	655
4.3	400		120.000		300,0	84.285	5.421	8.760	14.181	1,62	118	590
4.4	400		37.500		93,8	43.603	2.918	2.738	5.656	2,07	151	755
4.5	400		52.500		131,3	50.685	3.353	3.833	7.186	1,87	137	685
4.6	400		115.000		287,5	82.167	5.290	8.395	13.685	1,63	119	595
5.1	400		30.000		75,0	39.513	2.666	2.190	4.856	2,22	162	810
5.2	400		60.000		150,0	53.158	3.507	4.380	7.887	1,80	131	655
5.3	400		120.000		300,0	85.026	5.468	8.760	14.228	1,62	119	595
5.4	400		37.500		93,8	43.803	2.930	2.738	5.668	2,07	151	755
5.5	400		52.500		131,3	50.543	3.344	3.833	7.177	1,87	137	685
5.6	400		115.000		287,5	81.987	5.229	8.395	13.674	1,63	119	595
6.1	500		37.500		75,0	49.836	3.358	2.738	6.096	2,23	163	815
6.2	500		75.000		150,0	67.806	4.463	5.476	9.939	1,82	133	665
6.3	500		150.000		300,0	110.622	7.097	10.952	18.049	1,65	120	601
6.4	500		45.000		90,0	51.558	3.465	3.285	6.750	2,05	150	750
6.5	500		60.000		120,0	59.183	3.933	4.380	8.313	1,90	129	695
6.6	500		135.000		270,0	96.675	6.241	9.855	16.096	1,63	119	595
7.1	625		46.875		75,0	61.215	4.132	3.423	7.555	2,21	161	805
7.2	625		93.750		150,0	84.489	5.566	6.844	12.410	1,81	132	660
7.3	625		187.500		300,0	147.493	9.437	13.668	23.125	1,69	123	615
7.4	625		63.750		102,0	69.396	4.636	4.654	9.290	2,00	146	730
7.5	625		78.750		126,0	78.045	5.167	5.749	10.916	1,90	139	695
7.6	625		86.250		138,0	80.930	5.345	6.296	11.641	1,85	135	675
7.7	625		94.375		151,0	83.985	5.534	6.889	12.423	1,80	132	660
7.8	625		182.500		292,0	134.071	8.615	13.323	21.938	1,65	120	601

Tabela VIII Custos anuais dos sistemas de abastecimento de água para cada um dos modelos.

dulo), é bem menor que aquela exercida pela escolha inicial de traçado.

Deve-se se salientar que nos custos da rede de distribuição, a parcela relativa à rede secundária é pelo menos 50% do custo total (evidentemente esse valor é função do traçado escolhido).

A distribuição da população sob uma forma uniforme ou desuniforme de densidade, não provoca variações significativas nos custos das redes de distribuição de água.

A forma das áreas abastecidas pela rede de distribuição não gera, para os modelos estudados, variações sensíveis dos custos.

O custo de construção das redes de distribuição experimentalmente aumentos da ordem de 35 a 70%, se considerar-se a execução da rede após a pavimentação das ruas (leito e passeio).

Os custos "médios" das ligações domiciliares não são afetados em grande forma pela largura da rua (6%) salvo se a mesma for pavimentada (60%).

Os custos das Obras Gerais são dependentes das populações a abastecer, independentemente das densidades com que eles se agrupem.

Os custos totais do sistema de abastecimento de água são praticamente funções lineares das densidades. O crescimento é acentuado à medida que crescem as áreas abastecidas.

Os custos totais "per capita" dos sistemas de abastecimento de água decrescem de pouco mais de 7 UPC/habitante em densidades médias globais de 75 hab/ha para quase 4 UPC/habitante em densidades médias globais de 300 hab/ha.

Os custos anuais variam de 0,9 UPC/hab em densidades médias globais de 75 hab/ha a 0,6 UPC/hab em densidades médias globais de 300 hab/ha.

S I S T E M A S   U R B A N O S   D E   E S G O T O   S A N I T Á R I O

## SISTEMAS URBANOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

### INTRODUÇÃO

O trabalho, referente aos sistemas de esgotos sanitários, tem como objetivos primordiais, a serem atingidos, o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para coletar, transportar e dispor de forma conveniente as águas residuais domésticas de determinadas populações, e a determinação da importância e forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Levar-se-ão em conta não só os custos de construção, mas também aqueles referentes à operação, à manutenção e aos custos financeiros decorrentes dos investimentos necessários para a realização de tais obras. Será dado destaque especial às variáveis que possam incidir mais significativamente naqueles custos, bem como àquelas que são manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais, quando da apresentação de soluções para as cidades de porte médio ou para bairros projetados e agregados à cidades maiores.

### I. GENERALIDADES

Da implantação de sistema público de abastecimento de água decorre a necessidade de coleta, tratamento e disposição final adequada das águas servidas.

A implantação de um sistema público de esgotos sanitários objetiva resolver problemas de ordem sanitária, social e econômica de uma comunidade.

Entre os mais significativos destacam-se:

- a) remoção rápida e segura das águas residuais e dos dejetos;

- b) tratamento dos resíduos líquidos, quando houver necessidade;
- c) disposição sanitária adequada dos resíduos líquidos nos corpos receptores;
- d) eliminação de focos de poluição e contaminação, assim como de aspectos estéticos desagradáveis (por exemplo, odores agressivos);
- e) uso dos cursos d'água para recreação e esportes aquáticos;
- f) conservação dos recursos hídricos da região;
- g) conservação das vias públicas, preservação do trânsito, proteção da propriedade, etc;
- h) implantação e desenvolvimento de indústrias na localidade;
- i) melhoria das condições sanitárias locais e conseqüentemente aumento da produtividade e da renda "per capita".

### I.1. Concepção dos Sistemas de Esgotos Sanitários

As soluções adotadas atualmente, nas diversas cidades do mundo, para os sistemas de esgotamento das águas residuais e pluviais, são basicamente as seguintes: o sistema unitário que combina águas pluviais e águas residuais e o sistema separador absoluto destinado exclusivamente à coleta de águas residuais.

Geralmente adota-se a segunda solução que apresenta as seguintes vantagens:

- a) O sistema separador apresenta melhores condições para o emprego de tubos industrializados, tais como as manilhas cerâmicas e outros materiais (concreto, P.V.C., fibra de vidro), facilitando assim a execução e reduzindo custos e prazos de construção;
- b) O sistema separador geralmente conduz a custos totais menores. As galerias de águas pluviais normalmente são construídas à medida das necessidades, em função dos programas de pavimentação, e utilizando múltiplos pontos de

lançamento. Os lançamentos parciais reduzem as extensões e as dimensões das grandes galerias;

- c) Dentro de um planejamento integrado, é possível a execução das obras por partes, construindo-se e estendendo-se primeiramente, a rede de maior importância para a comunidade, com um investimento inicial menor;
- d) Além de assegurar melhores condições para o controle da poluição das águas e para o tratamento, reduz o custo das instalações de tratamento (menor carga hidráulica, menor número de unidades de tratamento, menor variação de concentração, etc.), desde que estes sistemas deveriam ter neste caso a capacidade para tratar todo o efluente misturado ( as águas de esgoto e as pluviais), que se apresentaria cada vez que chove.

## II. ÓRGÃOS CONSTITUINTES DOS SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Um sistema de esgotos sanitários do tipo separador absoluto apresenta geralmente os seguintes órgãos:

- a) Rede Coletora: coletores secundários  
coletores principais (troncos)
- b) Interceptores
- c) Emissários
- d) Órgãos Complementares ou Assessórios
  - Poços de Visita
  - Tanques Fluxíveis (quando indispensáveis)
  - Sifões Invertidos (se necessários)
- e) Estações Elevatórias (quando inevitáveis)
- f) Estações de Tratamento de águas Residuárias (se necessárias).

### Rede Coletora

Rede Coletora é o conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir as águas de esgotos dos edifícios; o sistema de esgotos predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada predial. A rede coletora é composta de coeto-

tores secundários, que são os que recebem diretamente as ligações prediais e coletores troncos. O coletor tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário. As figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, os tipos de rede coletora e os traçados típicos empregados.

### Interceptores ou Interceptadores

No sistema separador absoluto, denomina-se interceptor ou interceptador ao conduto que recebe os esgotos sanitários transportados pelos coletores principais (chamados Troncos), podendo também receber as contribuições dos coletores de menor diâmetro das redes das áreas circunvizinhas.

As funções principais são:

- a) impedir o desague dos coletores troncos diretamente nos cursos de água, nas extremidades finais (jusante) de seus respectivos desenvolvimentos (proteção aos cursos d'água);
- b) reunir a contribuição de dois ou mais coletores troncos;
- c) conduzir as contribuições interceptadas em direção ao local destinado ao lançamento final ou tratamento.

No sistema separador absoluto, o interceptor é geralmente o conduto de grandes dimensões. São projetados para funcionarem como condutos livres, apresentando secções circulares ou formatos especiais.

### Emissários

Os emissários são as canalizações do sistema que servem para conduzir os esgotos a um destino final, sem receberem contribuições ao longo do seu trajeto. São lançados, pois, entre o ponto final da rede coletora e o ponto de lançamento dos esgotos ou entre aquele ponto e a estação de tratamento de esgotos (se houver) e entre este e o ponto de lançamento que não seja junto a ela. São projetados para funcionarem como condu-

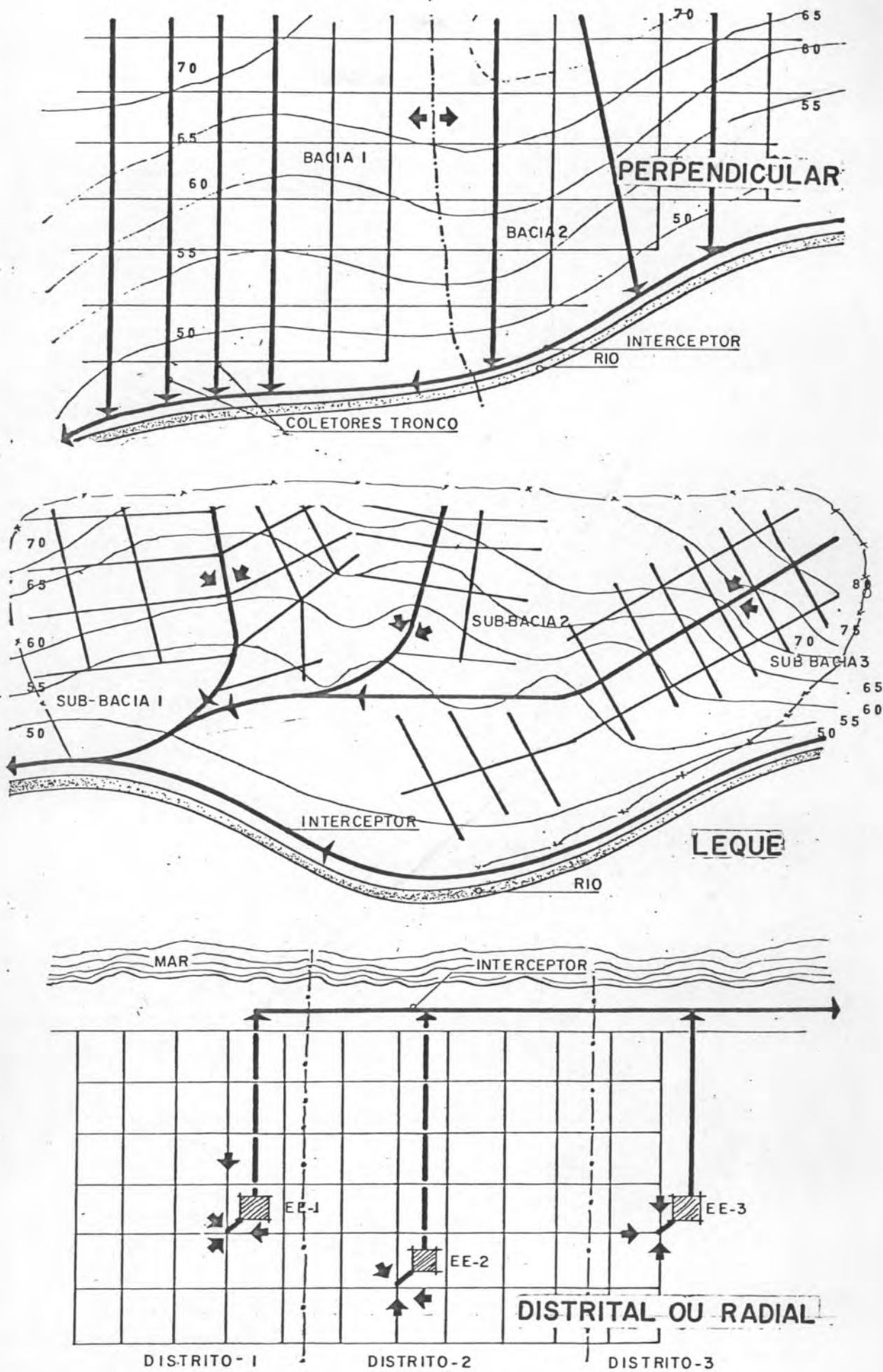
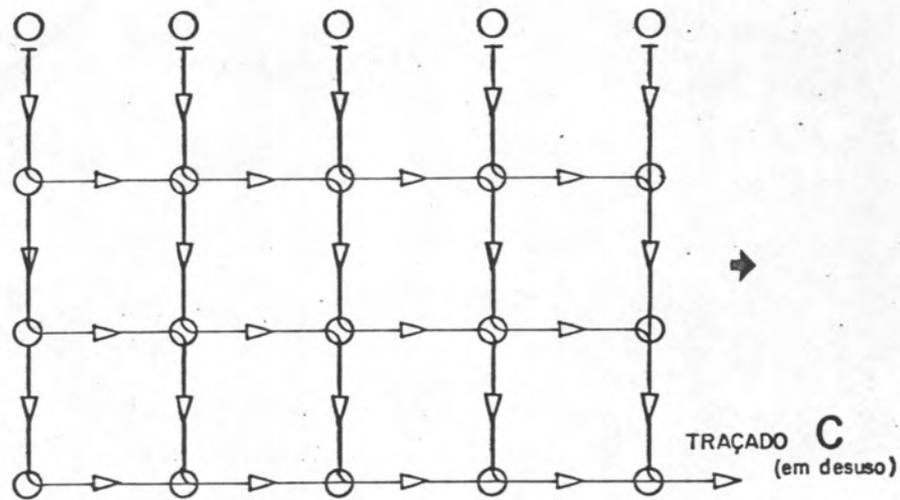
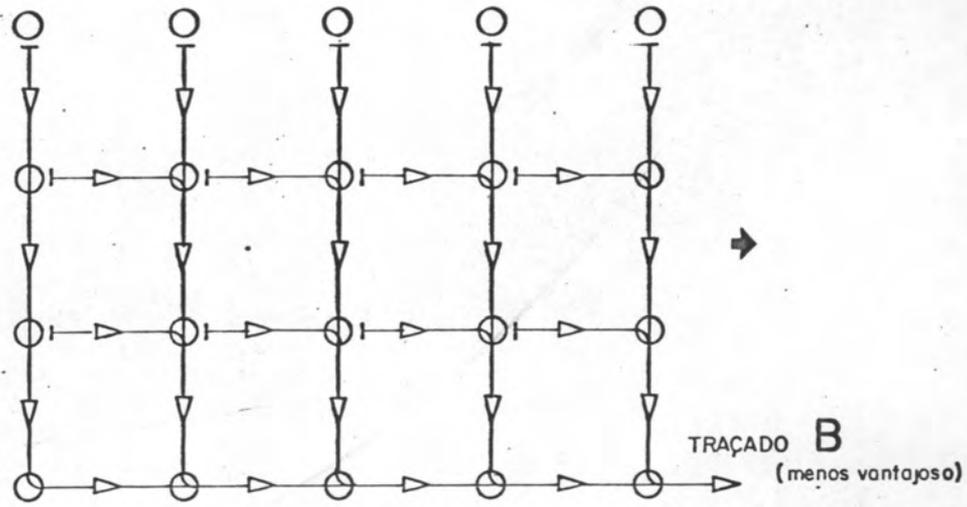
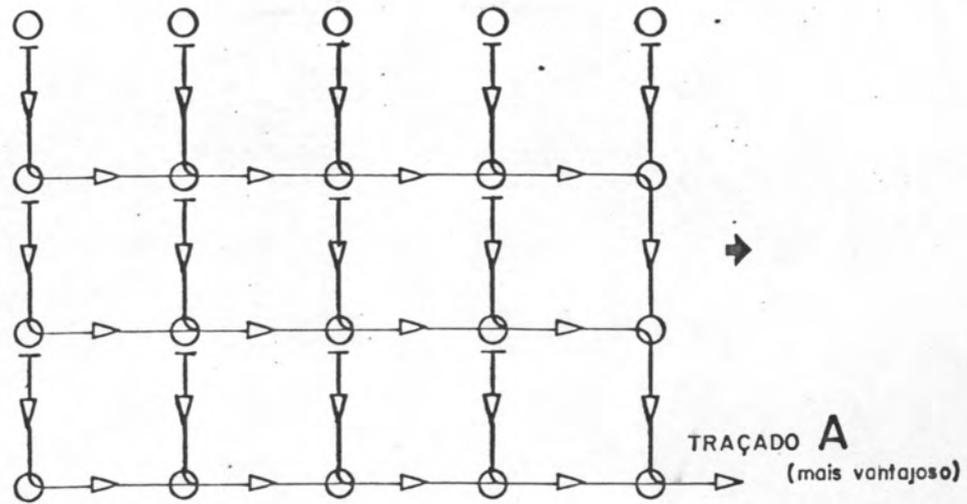


Figura 1  
Tipos de rede coletora de esgotos sanitários



➔ Sentido da maior declividade natural.....

Figura 2  
Traçados típicos das redes coletoras de esgotos sanitários

tos livres apresentando secções circulares ou formatos especiais.

### Órgãos Complementares ou Acessórios

Para assegurar condições adequadas de funcionamento e de manutenção, as redes de esgotos são providas dos seguintes órgãos acessórios, a saber:

- Poços de Visita ou Inspeção
- Tanques Fluxíveis
- Sifões Invertidos.

Os Poços de Visita são dispositivos de inspeção construídos em pontos críticos ou convenientes das canalizações e obras de esgotos. São utilizados para acesso às canalizações e operações de limpeza e de desobstruções. Eles facilitam a junção de coletores, a mudança de cota, de declividade, de material ou de secção dos condutos.

Os Poços de Visita devem ser previstos em lugares como:

- extremidades dos coletores;
- mudanças de direção (curvas);
- nos pontos de junção;
- nos pontos de mudança de declividade e cota;
- nos pontos de mudança de material;
- nos pontos de mudança de secção;
- em trechos longos, de modo que a distância entre dois poços de visita consecutivos não exceda os limites dados pela norma PNB-567 da ABNT.

De acordo com o material empregado e o método de execução, os tipos usuais de poços de visita podem ser:

- a) poços de alvenaria de tijolos, revestidos;
- b) poços de concreto pré-moldado;
- c) poços de concreto armado (moldado no local).

Os poços de visita de alvenaria de tijolos são os mais comuns. O emprego de concreto pré-moldado (peças justapostas) pode assegurar maior rapidez de execução. Os poços de visita

de concreto armado, de modo geral, são executados apenas no caso de grandes interceptores, emissários e obras especiais.

O custo dos poços de visita é relativamente elevado, constituindo uma parcela considerável do custo total das redes. Justificam-se, por isso, estudos e iniciativas com o propósito de reduzir o seu número e minimizar o seu custo.

Os poços de visita geralmente compreendem duas partes: câmara inferior ou "balão" e poço de acesso ou "chaminé", como pode ser visto na fig. 3.

Os Tanques Fluxíveis são aparelhos instalados em pontos da rede onde podem ocorrer depósitos (trechos iniciais de coletores, trechos de pequena vazão ou baixa declividade, entradas de sifões, etc.) e que promovem mediante descargas automáticas periódicas de água, a lavagem do coletor. Têm sido muito pouco empregados e estão sendo abandonados. Oferecem problemas sanitários em razão da aproximação do suprimento de água da rede de esgotos sanitários.

Os sifões invertidos são canalizações rebaixadas, sob pressão, destinados à travessia de canais, obstáculos, vales, etc. (na realidade não funcionam como sifões). São construídos para possibilitar a passagem sob obstáculos e depressões, tais como vales, cursos d'água, canais, galerias, linhas de metrô, etc. Funcionam sempre como condutos forçados, à plena secção, exigindo cuidadoso projeto para que sejam reduzidas ao mínimo as possibilidades de formação de depósitos e obstruções. As operações de manutenção e limpeza dos sifões invertidos são mais difíceis do que as realizadas nos coletores das redes de esgotos.

Os sifões invertidos devem ter, no mínimo, duas tubulações, pois embora haja condições satisfatórias para operação com uma única tubulação, deve-se ter uma segunda linha para funcionar em substituição à primeira. Em casos de grande variação de vazão, pode-se tornar conveniente o projeto de três tubulações, uma delas capaz de dar escoamento aos esgotos no período de baixa vazão e as demais para atender, escalonada

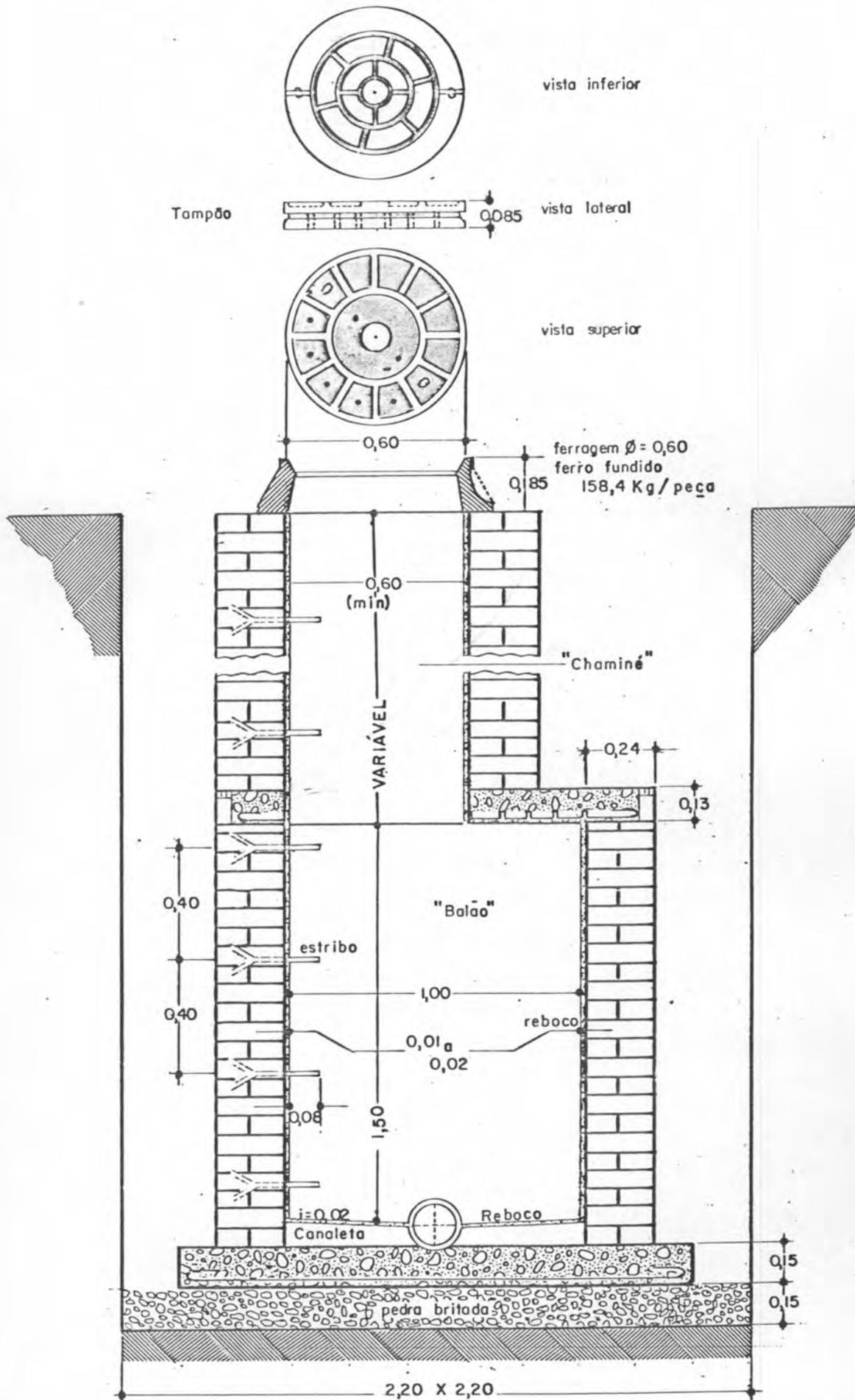


Figura 3  
Poço de visita de alvenaria (SABESP) para coletores até 0,90m de diâmetro

mente, às vazões maiores.

Os sifões invertidos são construídos com duas câmaras visitáveis: câmara de entrada ou de montante e câmara de saída ou de jusante.

As linhas podem ser executadas com tubos de ferro fundido, ferro dúctil, aço revestido, concreto armado ou plástico. Os tubos leves geralmente são protegidos com uma camada de concreto externa, para evitar o seu deslocamento.

### Estações Elevatórias

As estações elevatórias têm, portanto, presença obrigatória nos sistemas de esgotos sanitários de cidades ou de áreas que apresentam pequena declividade superficial. A fim de proporcionar o escoamento satisfatório dos esgotos. Seus usos dependem de estudos comparativos minuciosos que mostram não ser possível ou recomendável, por razões técnicas ou econômicas, o esgotamento por gravidade. Tais instalações, além de apresentarem custo inicial elevado, exigem despesas de operação, e sobretudo manutenção, permanente e cuidadosa.

Os principais equipamentos atualmente em uso para a elevação dos esgotos são as bombas centrífugas, as bombas helicoidais e as bombas ejetoras.

A localização das estações elevatórias nos sistemas de esgotos sanitários decorre do traçado das redes coletoras e canalizações de maior diâmetro. Geralmente encontram-se nos pontos baixos de uma bacia ou de um distrito de coleta, ou nas proximidades de rios, córregos ou represas.

A figura 4 nos fornece o esquema de uma estação elevatória de esgotos sanitários.

### Estações Residuais

O tratamento de águas residuais é relativamente dispendioso e poderá ser realizado mediante a aplicação de vários pro -

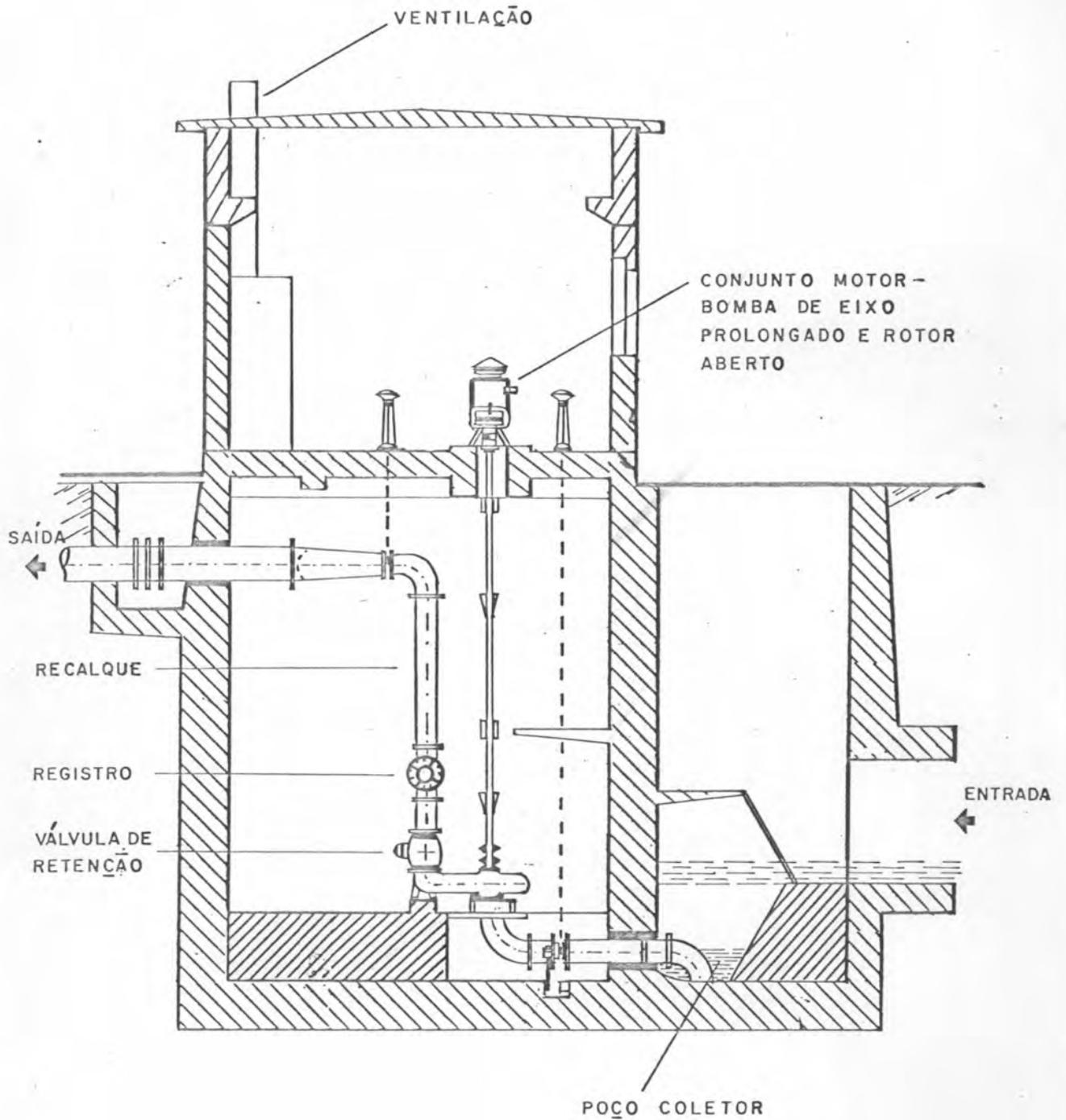


Figura 4  
Esquema de uma estação de elevatória de esgotos sanitários

cessos, em maior ou menor extensão, não existindo recomendação de aplicação ou fórmula geral e indiscriminada. Esse tratamento é feito com a finalidade de evitar tanto quanto possível, ou desejável, os efeitos da poluição.

O tratamento das águas residuárias pode incluir vários processos e deve ser realizado na medida das necessidades de maneira a assegurar um grau de depuração compatível com as condições locais. As instalações depuradoras geralmente são concebidas de modo a possibilitar a execução por etapas ( não somente em termos de capacidade ou de vazão mas também em função do grau de tratamento). As diversas fases ou graus do tratamento convencional compreendem:

1. Tratamentos prévios e preliminares: destinam-se apenas à remoção de sólidos grosseiros, detritos minerais, materiais flutuantes e carreados, óleos e graxas.
2. Tratamentos primários: destinam-se à remoção de impurezas sedimentáveis, grande parte de sólidos em suspensão e cerca de 30 a 40% da demanda Bioquímica de Oxigênio.
3. Tratamentos secundários: adição aos tratamentos precedente, oxidação e decantação final.
4. Tratamentos terciários: situações especiais que se destinam a completar o tratamento secundário sempre que as condições locais exigirem um grau de depuração excepcionalmente elevado.
5. Desinfecção: cloração das águas residuárias.

A figura 5 nos fornece o esquema de uma estação de tratamento de esgotos sanitários do tipo convencional.

### III. CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DOS MODELOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

A rede coletora de esgotos (coletores secundários, coletores troncos, órgãos acessórios e ligações prediais) foi tomada como base do estudo dos sistemas urbanos de esgotos sanitários por ser o órgão de maior custo, assumindo valores da ordem de 60% do custo total de implantação do sistema (tabela I).

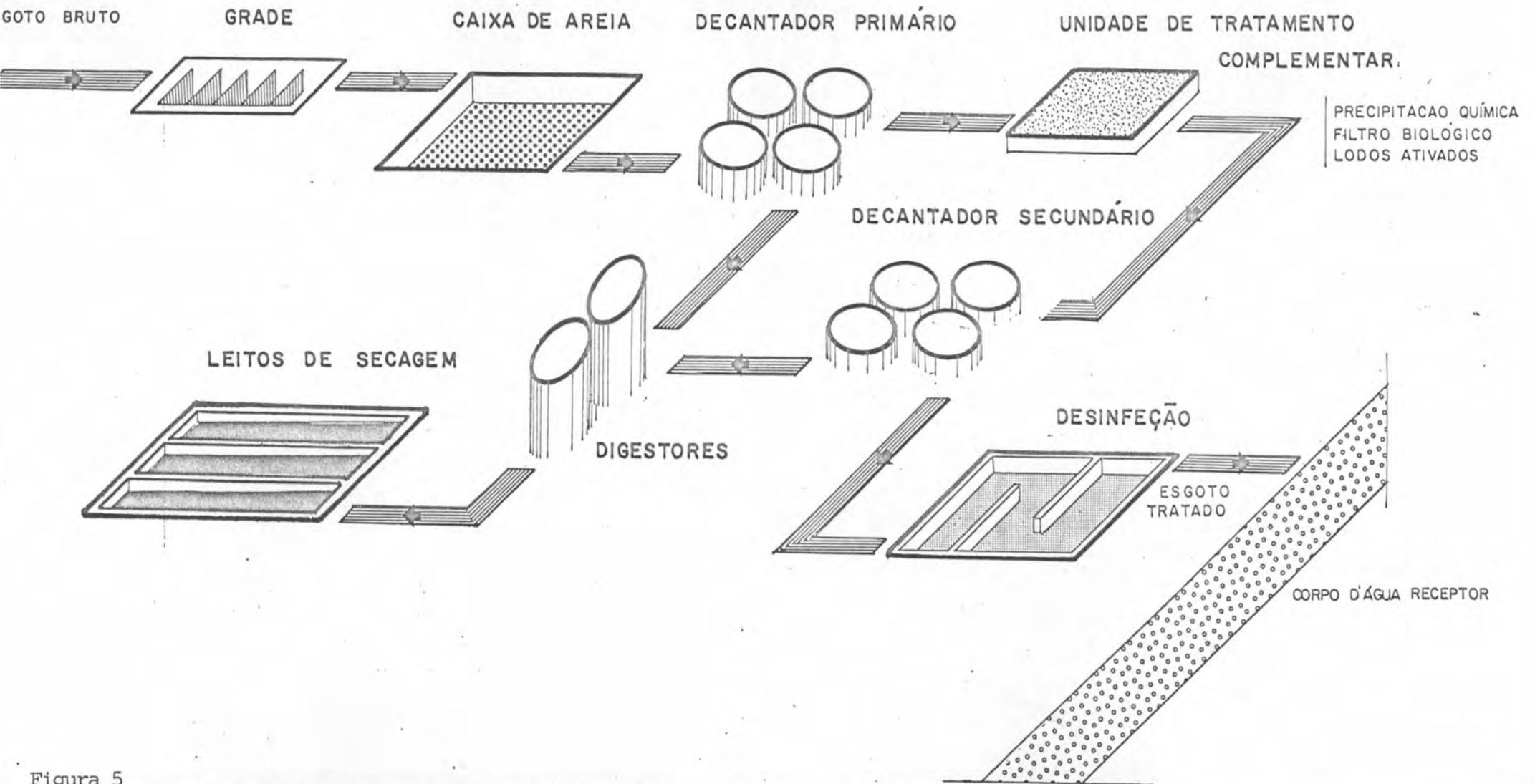


Figura 5  
Esquema de uma estação de tratamento de esgotos sanitários (E.T.E.) Tipo Convencional

OBRAS DOS SISTEMAS DE ESGOTOS	INCIDÊNCIA NO CUSTO TOTAL DO SISTEMA	CUSTO "PER CAPITA" (UPC)
Rede Coletora (incluindo Órgãos Acessórios)	45 a 55%	5,0
Ligações	8 a 12%	1,0
Interceptadores e Emissários	8 a 12%	1,0
Tratamento	20 a 40%	3,0

Tabela I - Obras dos sistemas de esgotos sanitários: incidência no custo total do sistema

Fonte: Prof. -- José M. de Azevedo Netto

SABESP (1º Semestre 1977)

Para tanto, foram definidos modelos que simulassem so bretudo com o grau de precisão requerido pelo estudo, as características básicas das sub-bacias (subdistritos) que compõem as bacias (distritos sanitários) de uma área urbana.

Entre os parâmetros julgados mais indicados para defi nir as características de uma sub-bacia, especialmente no que diz respeito ao fornecimento de subsídios técnicos para a orientação das formulações a serem propostas pelos planejadores urbanos, apresentam-se os seguintes: área, forma e declividade da sub-bacia, densidade demográfica, tipologia e traçado dos quarteirões da área.

Independentemente do estudo das redes coletoras de es gotos dos modelos de sub-bacias, os demais órgãos constitutivos do sistema de esgotos sanitários receberam um tratamento estatístico baseado na ocorrência dos parâmetros que os defi nem e na incidência no custo total desses sistemas.

Para se chegar aos custos anuais dos sistemas dos modelos, havia ainda que se obter os custos de manutenção, de o peração, além dos valores de depreciação de cada um dos órgãos constituintes do sistema, e dos juros pelo capital investido.

Os custos de manutenção e operação, por um lado, foram obtidos estatisticamente, enquanto que a depreciação e os j utos foram avaliados através das distintas vidas úteis dos di ferentes órgãos do sistema. Todos os custos deste trabalho re ferem-se à data de janeiro de 1977.

Com relação ao traçado da rede co letoras temos que ele é orientado pelo traçado viário da cidade e está intimamente relacionado à topografia local. Foi esta, portanto, um dos parâmetros de análise dos custos. Junto com a topografia outros elementos definem também o traçado da rede co letora de es gotos: o sistema de esgotamento adotado (unitário ou separador absoluto), a hidrologia e geologia da área, os limites legais a observar, a posição do lançamento final e a estação de tr ata mento.

Foram definidos 104 modelos de sub-bacias de acordo com os parâmetros que definem as sub-bacias, já mencionadas, e seus interrelacionamentos. Esses 104 modelos foram divididos em 4 grupos, conforme suas características.

### 3.1. Parâmetros de Cálculo

O projeto de um sistema de esgotos sanitários depende fundamentalmente dos volumes líquidos que serão coletados pe la rede de esgotos ao longo do tempo.

As obras dos sistemas de esgotos sanitários são dimensionadas após estudo minucioso de numerosas questões, entre elas: período de projeto (período de tempo em anos para o qual se projetam as obras), etapas de construção, população no fim do período, estimativas das vazões e recursos disponíveis.

O material utilizado no sistema de esgoto é determinado levando-se em consideração sua adequação às condições de trabalho previstas em projeto, a facilidade de obtenção e disponibilidade do material no local de aplicação e, logicamente, seu custo de aquisição, transporte e assentamento.

Os materiais mais utilizados são os tubos industrializados de seção circular dos seguintes tipos: cerâmicos, de concreto, de cimento amianto, plásticos e eventualmente (para linhas de recalque) os de ferro fundido ou aço.

## IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS RESULTANTES DOS MODELOS ESTUDADOS

Através do cálculo hidráulico das redes de esgotos dos diferentes modelos de sub-bacias, obtiveram-se os comprimentos, a declividade e os respectivos diâmetros dos distintos trechos de coletores: a partir daí determinaram-se as profundidades e o número de poços de visita para cada uma das redes de esgotos dos modelos de sub-bacias em estudo.

De posse da distribuição percentual de diâmetros dos

coletores de cada uma das redes que servem os diferentes modelos de sub-bacias, foi possível estabelecer a ocorrência dos diferentes diâmetros nas redes coletoras de esgotos sanitários dos modelos de sub-bacias analisados. As porcentagens de ocorrência dos diferentes diâmetros dos coletores constituintes das redes de esgotos sanitários dos modelos de sub-bacias estudados podem ser analisados na Figura 6.

#### V. SISTEMAS CONSTRUTIVOS E CUSTOS DAS REDES DE ESGOTO

Ao se determinar as profundidades de assentamento dos coletores de uma rede de esgotos sanitários teremos, logicamente, que levar em consideração os aspectos ligados aos custos de suas instalações, a saber: escavação, escoramento, esgotamento, assentamento propriamente dito e rompimento e reposição da pavimentação.

Escavação : compreende a remoção de qualquer material abaixo da superfície natural do terreno até as linhas de cotas especificadas no projeto e ainda a carga, transporte e descarga do material em áreas e depósitos apropriados. Poderá ser manual ou mecânica.

Escoramento : obrigatório para valas de profundidades superior a 1,50 m. Os tipos de escoramento podem ser de 3 grupos: descontínuos, contínuos e especiais, ficando condicionados às características locais e às condições econômicas.

Esgotamento: manutenção do terreno permanente drenado para correta execução das demais atividades. Os métodos empregados são: drenagem a céu aberto, rebaixamento do lençol por ponteiros filtrantes e rebaixamento do lençol por poços profundos.

Assentamento de tubulações: executado jusante para montante e dos seguintes tipos: simples, com lastro, com lastro-laje e berço.

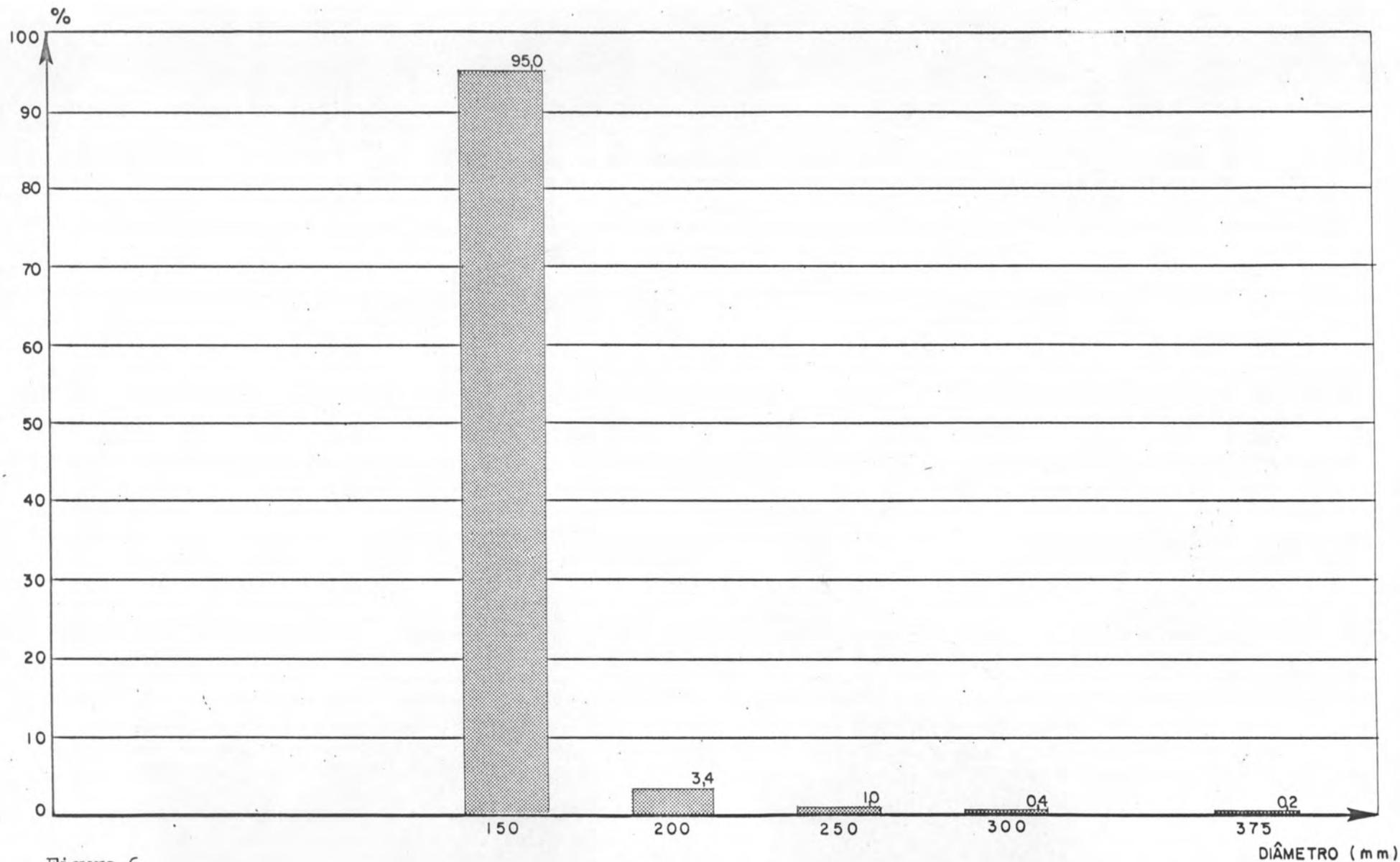


Figura 6  
 Percentuais de ocorrência de diâmetros nas redes de esgotos dos modelos

### 5.1. Situação Construtiva da Rede

A situação construtiva é o conjunto de condições naturais e locais do lugar da obra, dos serviços de construção e dos materiais empregados. É caracterizada por:

material: manilhas cerâmicas (juntas de argamassas de cimento e areia).

tipo de solo: qualquer, excluindo rocha.

vala: retangular de largura segundo as normas e profundidades de acordo com a cota de assentamento do coletor.

movimento de terra: escavação (normal ou mecânica); lastro (material granular de espessura variável com a profundidade); reaterro (com o material escavado); transporte (10% do volume escavado à distância de 2,0 Km da obra).

escoramento: contínuo.

esgotamento da vala: sem necessidades

rompimento e reposição de pavimentação: inexistente.

A figura 7 nos dá os custos por metro linear de tubulação instalada para diferentes diâmetros dos coletores em função das profundidades de assentamento.

## VI. CORRELAÇÃO DOS CUSTOS DESTA REDE COM DIVERSAS VARIÁVEIS DE INTERESSE E CONCLUSÕES

Os orçamentos, para a obtenção dos custos de construção das redes coletoras de esgotos sanitários dos modelos de sub-bacias, foram elaborados considerando-se a Situação Construtiva apresentada anteriormente.

Ao custo das tubulações das redes coletoras de esgotos de cada um dos modelos, foi acrescentada a parcela relativa aos órgãos acessórios das respectivas redes coletoras, os custos relativos às instalações provisórias (escritórios, alojamentos, depósitos, tapumes, sinalização, etc.), os custos relativos à locação da obra e dos serviços auxiliares (sondagens,

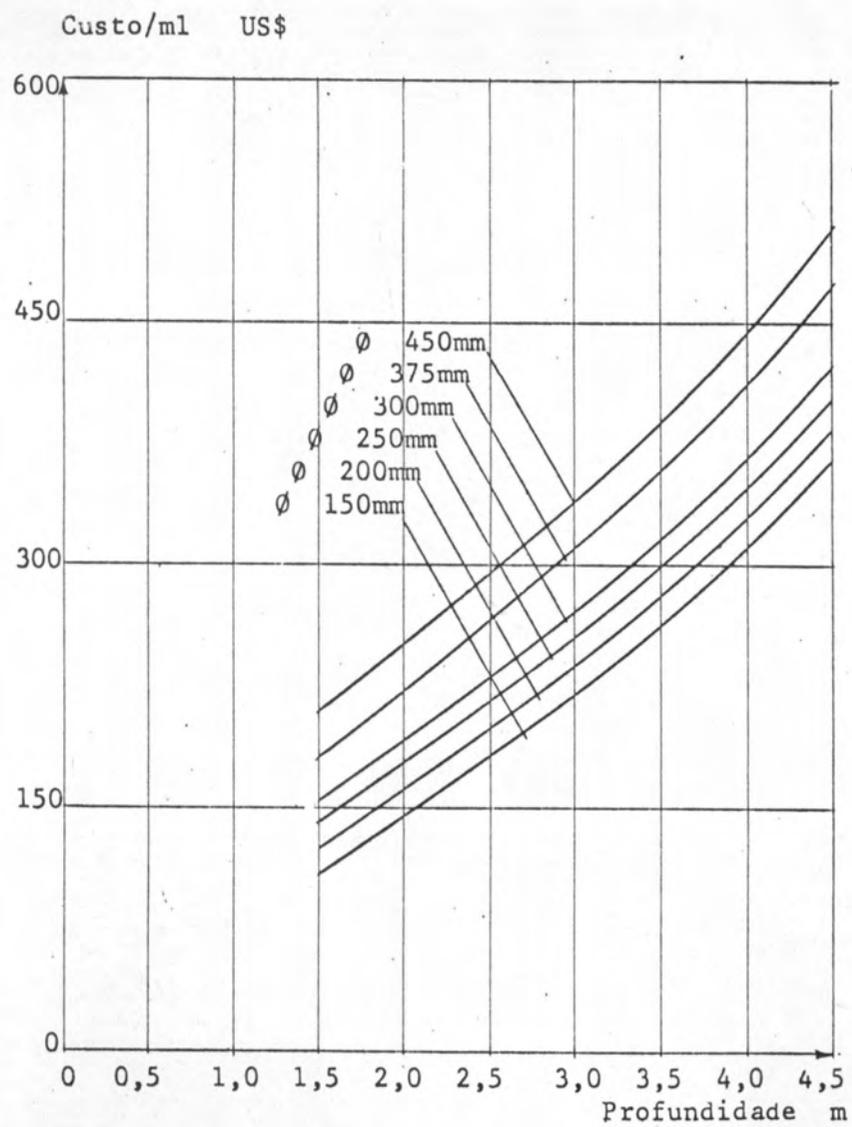


Figura 7  
Custo do metro linear de tubulação instalada

serviços tecnológicos, testes de juntas, cadastros das redes e ligações).

Os valores dos custos totais obtidos para cada um dos modelos permitiu referí-los às unidades de área servida, as habitações servidas, e as unidades de extensão de rede, o que faremos a seguir.

Os custos das redes coletoras por modelo podem ser vistos na tabela VI do trabalho "Estudos dos Custos de Infraestrutura em Cidades de Porte Médio"; Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários, pag. 97 a 100.

#### 6.1. Custos Totais das Redes

Não obstante tratar-se de uma rede estritamente dependente da alimentação de água, neste capítulo tratar-se-á a rede de esgoto isoladamente como é norma nos estudos que estão sendo desenvolvidos.

Os custos desta rede serão correlacionados com aquelas variáveis que foram detectadas como sensíveis a eles e que são: tamanho da sub-bacia, sua forma, declividade, tipo de traçado de ruas e densidade habitacional.

As três primeiras variáveis são próprias do local a estabelecer a rede, e normalmente não podem ser manipuladas nem por planejadores urbanos, nem por engenheiros sanitaristas, mas o conhecimento e quantificação de suas interferências nos custos é particularmente importante para conhecer a estrutura econômica desta rede e suas possíveis variações.

As duas últimas variáveis, tipo de traçado urbano e densidade habitacional são variáveis normalmente com possibilidade de serem manipuladas, e levando em consideração o objetivo deste trabalho serão as mais importantes para nós.

Em continuação analisaremos uma por uma das variáveis antes mencionadas:

## 6.2. Custos Totais das Redes Referidas às Áreas Servidas

Contrariamente ao que se supunha de início, o tamanho da sub-bacia tem relativamente pouca importância nos custos da área a drenar. As curvas da figura 8 mostram um pequeno declínio nos custos por hectare para densidades pequenas e um pequeno incremento nas densidades grandes entre sub-bacias de 9 a 81 hectares.

É provável que com áreas de sub-bacias muito maiores que 100 hectares os custos aumentem, mas deve-se levar em consideração que isto é muito improvável pois trata-se de sub-bacias onde as áreas normais no Brasil acham-se entorno de 25 a 50 hectares.

A mesma situação pode ser vista na figura 9 onde são dados os custos da rede por habitação servida em função da área da sub-bacia. A causa da quase independência dos custos ao tamanho das sub-bacias deve-se ao fato de que os diâmetros mínimos admitidos para as redes de esgoto admitem caudais sensivelmente maiores que os habituais. De fato, maiores áreas de sub-bacias levaram a que os caudais em alguns coletores sejam maiores, mas isto influirá relativamente pouco nos custos das redes, o que pode ser concluído facilmente analisando a figura 10 que mostra que o custo médio da rede por metro linear de tubulação é praticamente constante, para qualquer área de sub-bacia e qualquer densidade, e que trata-se de uma rede onde o diâmetro mínimo (de 150 mm) é tão dominante ao ponto que em média 95 % das tubulações serão desta dimensão.

Na figura 11 são mostrados os croquis dos dois modelos de áreas extremas (9 e 81 hectares) estudados para a determinação da influência das áreas das sub-bacias nos custos. O estudo inclui dois modelos mais com área intermediárias, um de 25 hectares e outro de 49 hectares, cujos croquis não são anexados aqui pois o traçado dos quarteirões e das redes segue os mesmos lineamentos dos apresentados aqui.

Custo Total/ha US\$

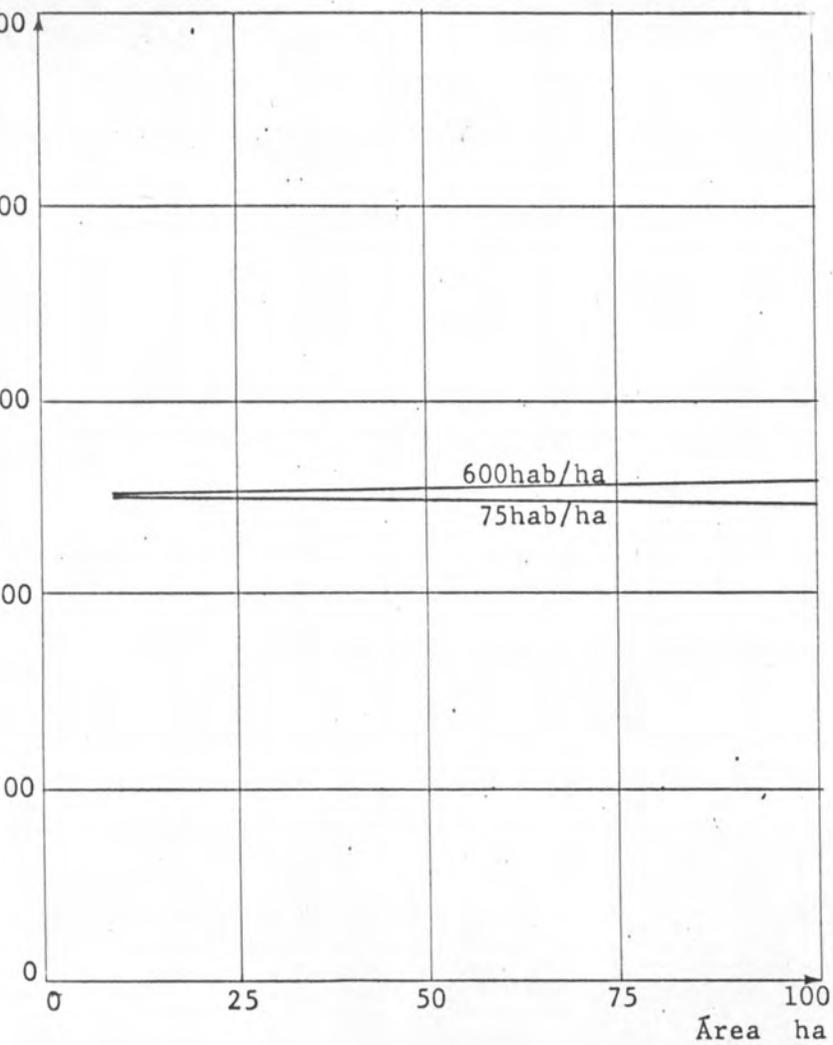


Figura 8  
Custo das redes de esgoto por hectare em função da densidade

Custo Total/habitação US\$

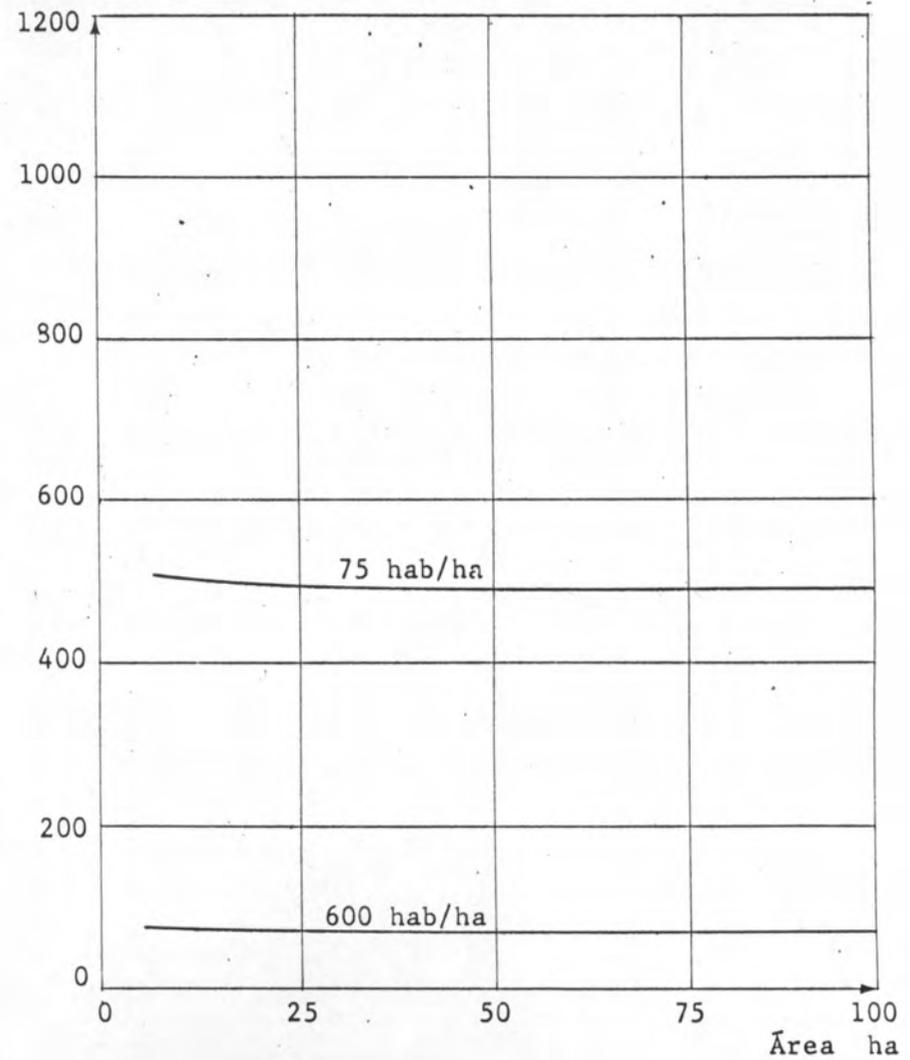


Figura 9  
Custo das redes de esgotos por habitação servida para duas densidades

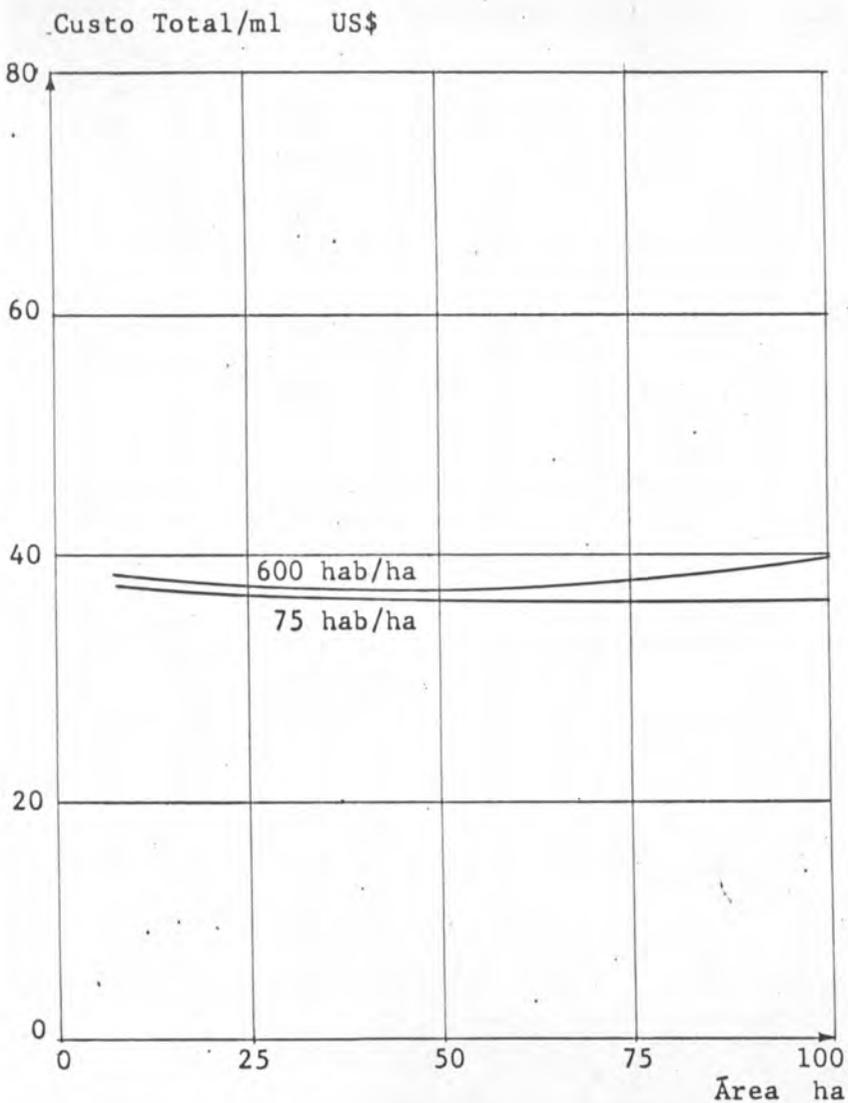


Figura 10  
Custos das redes de esgoto por metro linear de tubulação para duas densidades extremas

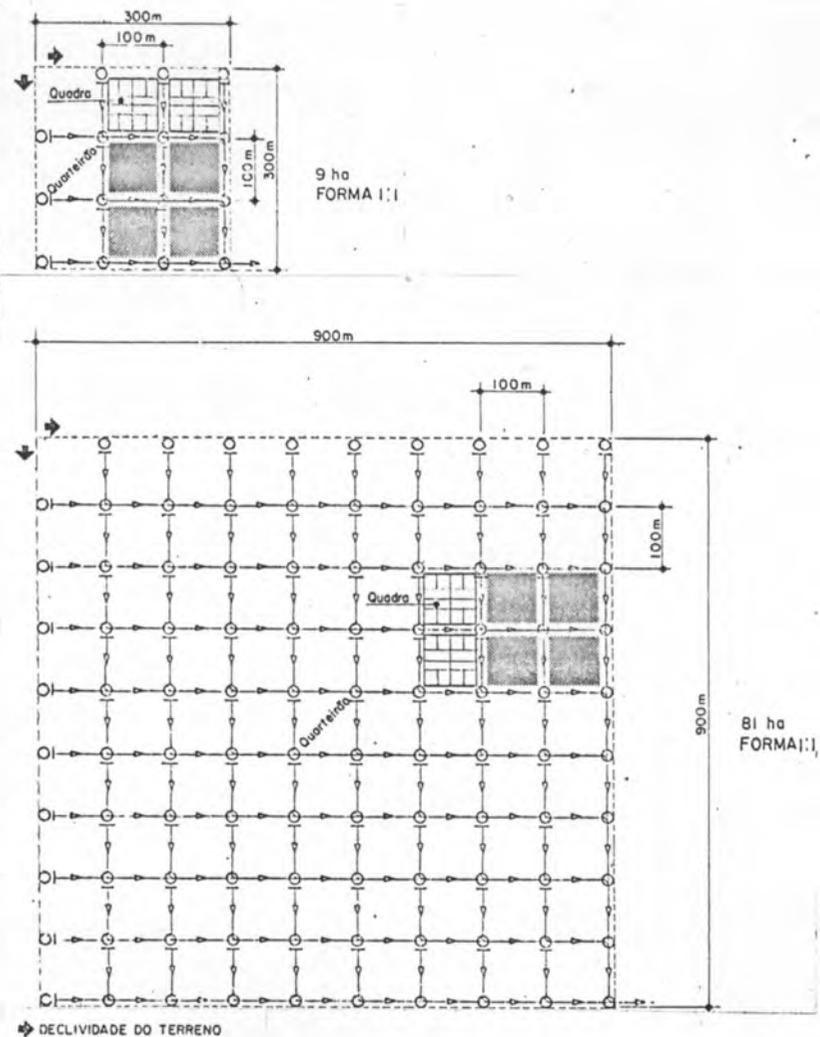


Figura 11  
Modelos menor e maior de sub-bacias e respectivos croquis de redes coletoras de esgotos sanitários, estudados para determinar a influência do tamanho das sub-bacias nos custos. O estudo completo para este caso incluiu dois modelos de áreas intermediárias, um com 25 hectares e outro com hectares

### 6.3. Forma da Sub-bacia

Neste ponto analisamos a influência que a forma da sub-bacia tem nos custos da rede de esgoto, como, por exemplo, se formas alongadas de bacias, por suas configurações, encarecem ou barateiam os custos desta rede.

Verifica-se um pequeno incremento nos custos na medida que as áreas a drenar fazem-se mais alongadas, mas os acréscimos são totalmente desprezíveis como pode-se ver nas figuras 12 e 13, onde se dão as variações de custo da rede de esgoto por hectare servida e por habitação para as duas densidades extremas estudadas (75 e 600 habitantes por hectare). Entre a forma quadrada (1:1) até a forma mais alongada (1:3) o crescimento de custos é só da ordem de 1% ou menos.

Na figura 14 onde é apresentado o custo por metro linear de tubulação instalada ratifica os conceitos das figuras anteriores, mostrando que a forma da sub-bacia como variável nos custos da rede de esgoto é totalmente desprezível.

Na figura 15 são mostrados os croquis dos modelos estudados para verificar a influência desta variável.

### 6.4. Declividade das Sub-Bacias

Como nos casos anteriores para se estudar a influência da declividade nos custos da rede de esgoto foram estudados uma série de modelos onde se mantiveram constantes o traçado viário, a área a drenar a forma da sub-bacia e a densidade habitacional, isolando-se assim a variável que aqui se apresenta. As declividades estudadas nos modelos passaram de um mínimo de 0,5% até um máximo de 4%, abrangendo declividades intermediárias de 1 e 2%.

Como pode-se ver nas figuras 15 e 16 os custos desta rede aumentam quando a declividade é muito pequena (menor que 1%). A partir deste desnível o custo se mantém praticamente constante até com declividades maiores que 7%; a partir deste nível volta a aumentar novamente (não está indicado nos gráficos).

Custo Total/ha US\$

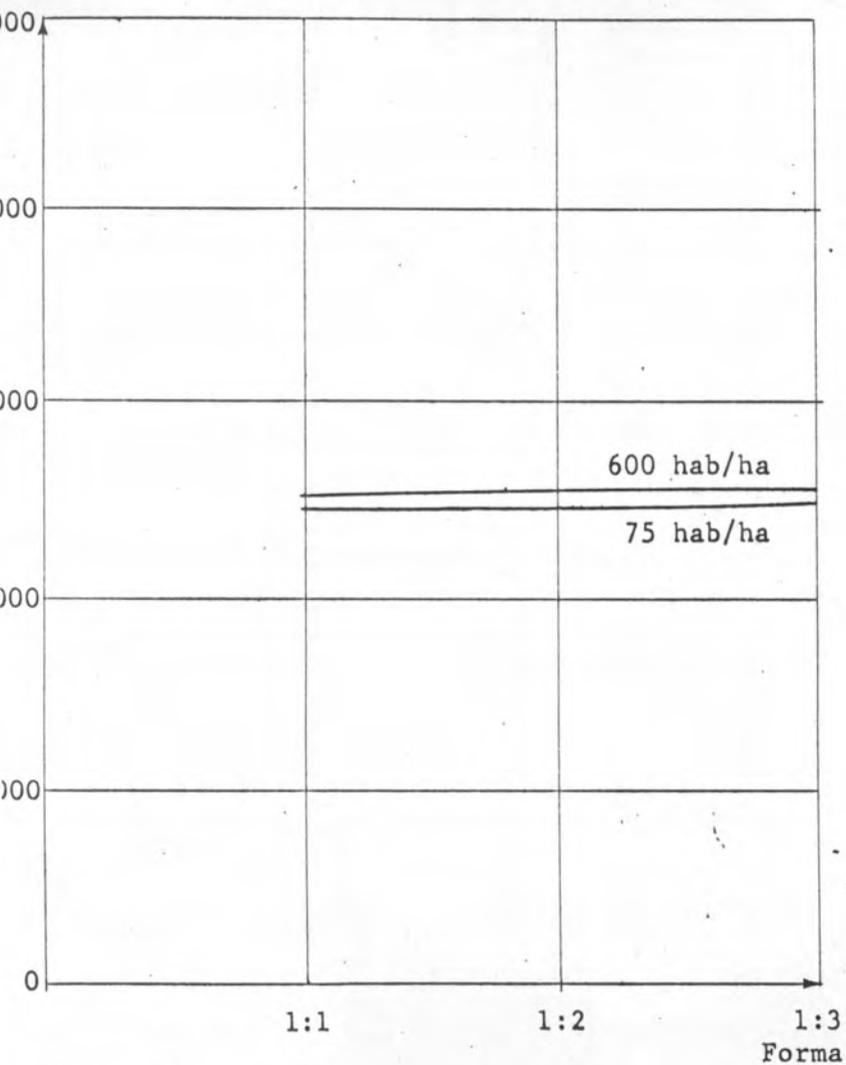


Figura 12  
Custo das redes de esgoto por hectare em função da sub-bacia

Custo Total/habitação US\$

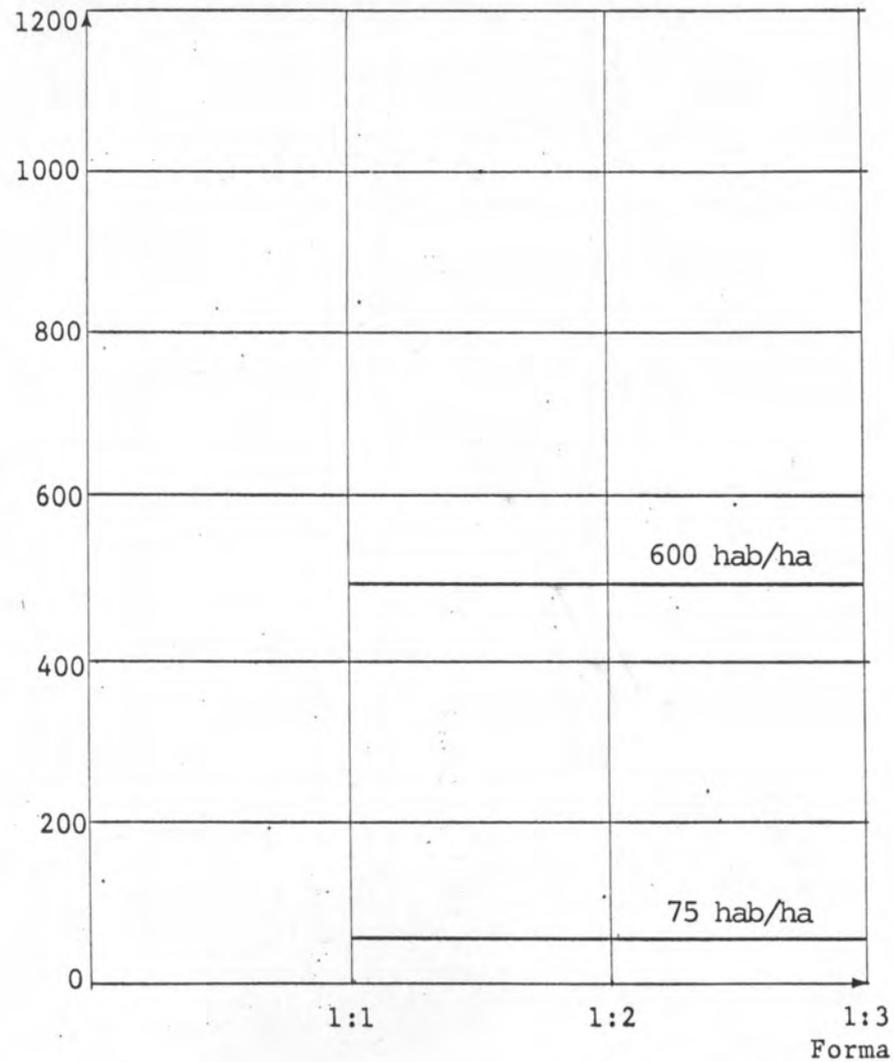


Figura 13  
custo das redes de esgoto por habitações em função da forma

Custo/ml US\$

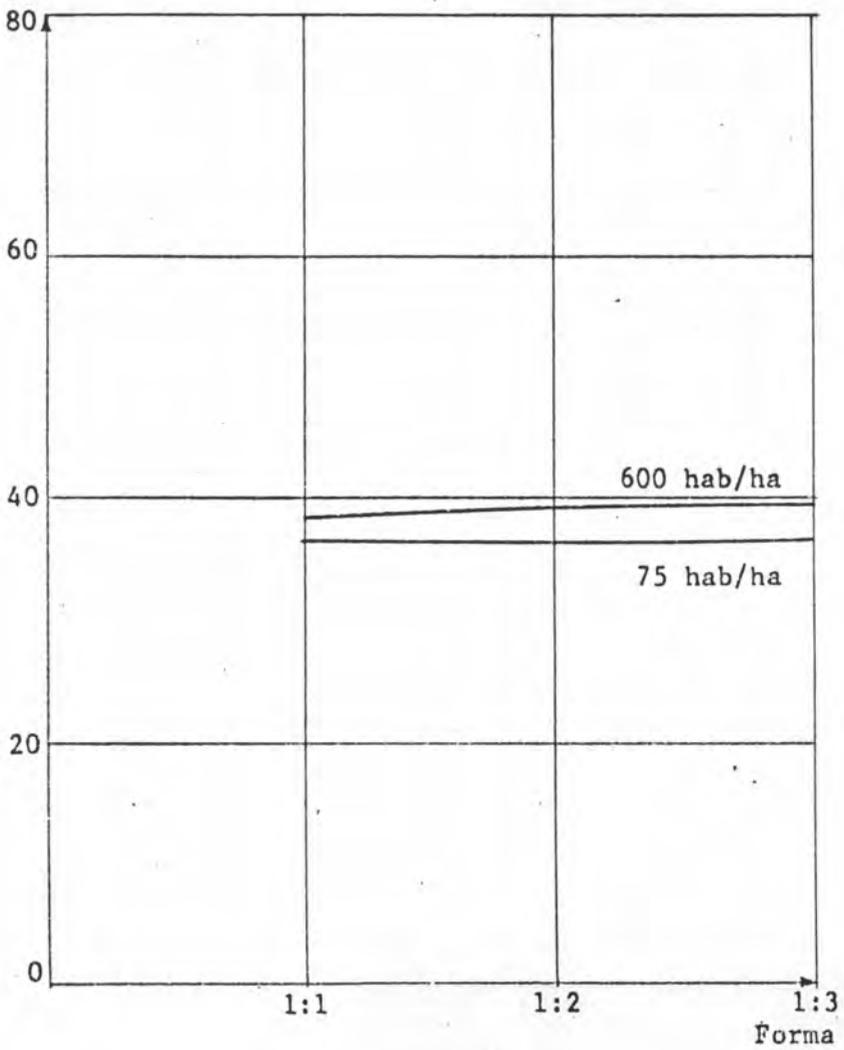
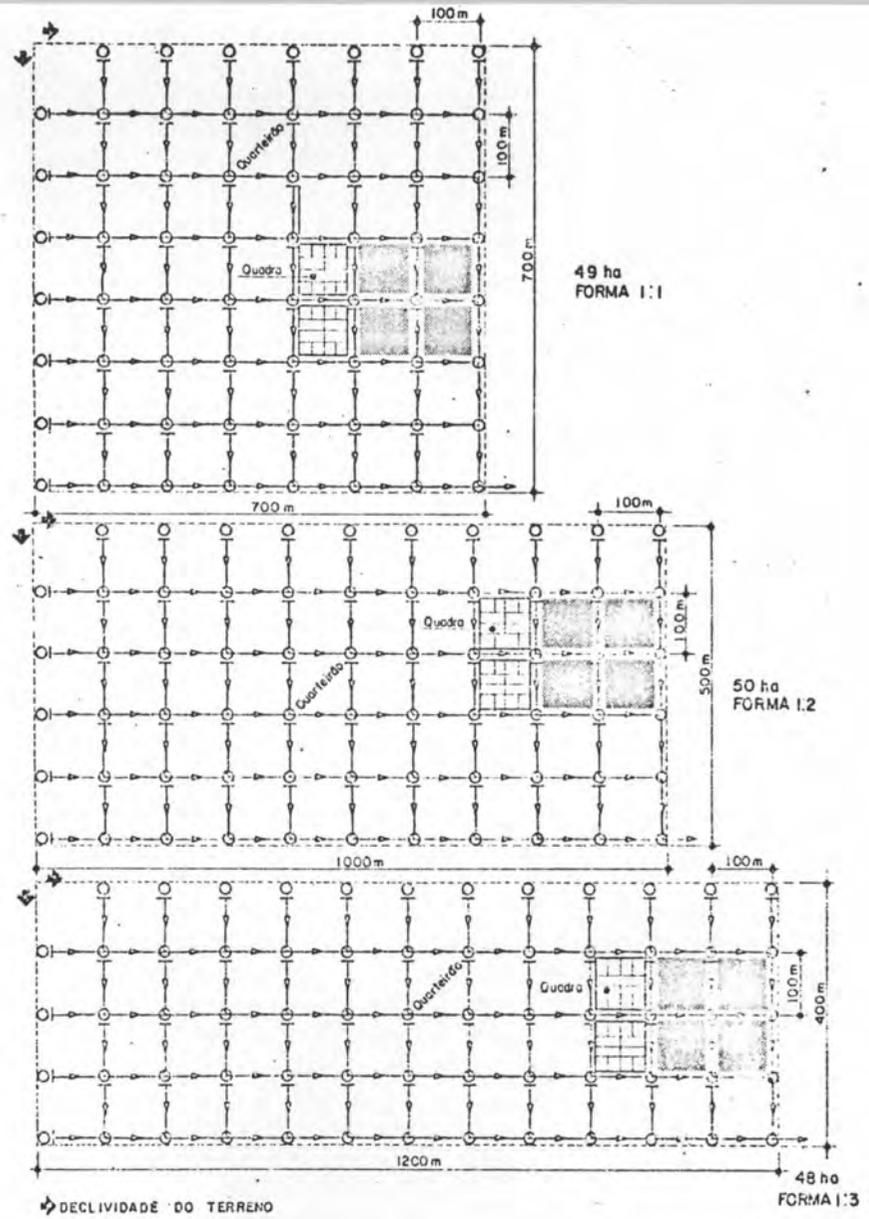


Figura 14  
Custo das redes de esgoto por metro linear de tubulação em função da forma da sub-bacia



Custo Total/ha

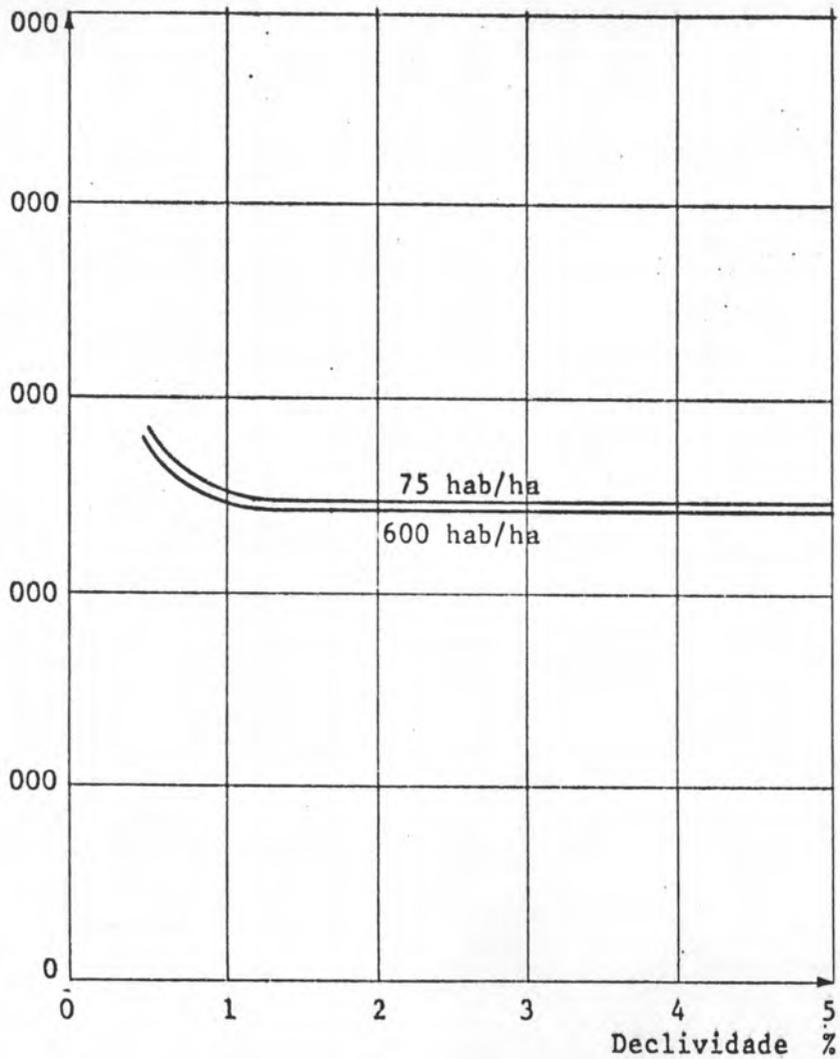


Figura 15  
Custos totais por hectare da rede de esgoto em função da declividade da sub-bacia

Custo total/habitação US\$

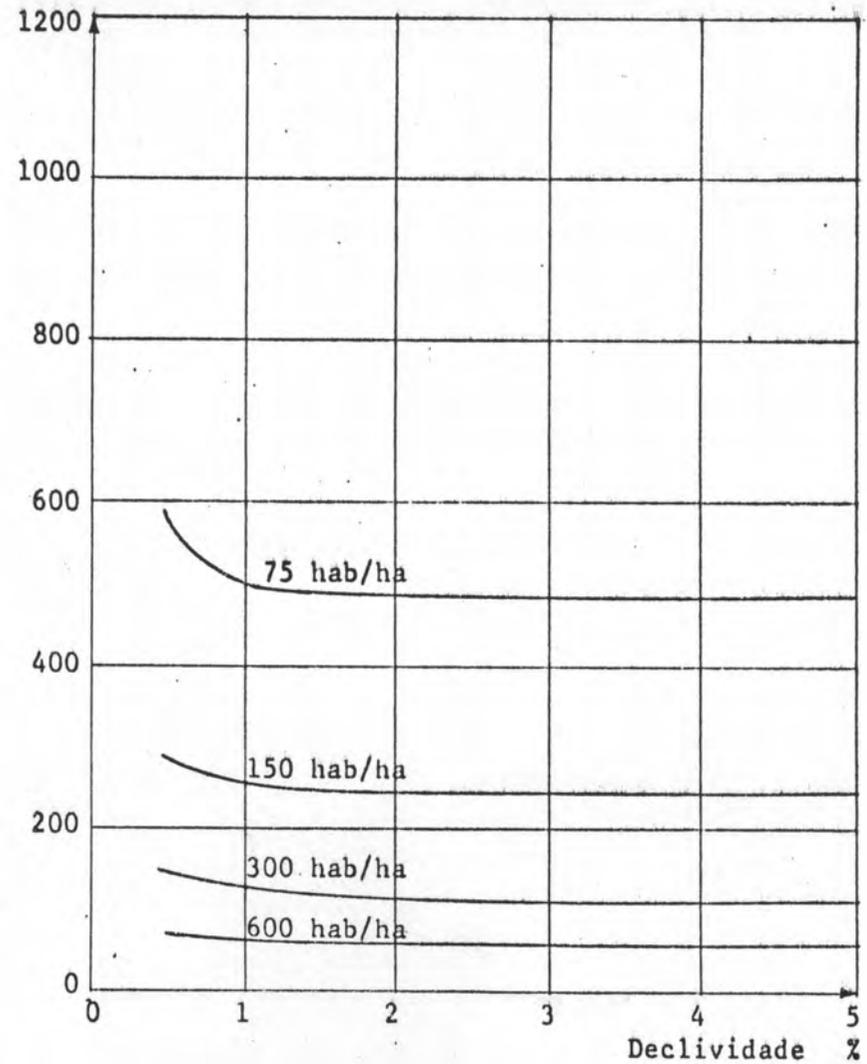


Figura 16  
Custos totais por habitação da rede de esgoto em função da declividade da sub-bacia

Isto nos indica que naqueles casos extremos de declividades baixíssimas ou altíssimas poderemos esperar um acréscimo limite nos custos da rede na ordem de 20%, e que nos casos de declividades intermediárias a rede tem um custo constante e independente dela.

#### 6.5. Densidade Habitacional

Seguindo a metodologia para analisar cada uma das variáveis isolou-se a densidade para estudar-se os custos em função dela. Os modelos foram planejados com densidades variando desde um mínimo de 75 habitantes por hectare até um máximo de 600 habitantes por hectare.

Como nos casos, anteriores, para se poder traçar curvas tomou-se densidades intermediárias (150 e 300 habitantes por hectare) de forma de ter quatro pontos para uma possível curva.

Os resultados são apresentados nas figuras 17 e 18 onde se pode ver a influência da densidade nos custos desta rede.

Na figura 17 apresentam-se os custos por hectare para as diferentes densidades e diferentes traçados viários. Pode-se ver nela que os custos são só levemente crescentes com a densidade e que o custo do hectare servido por rede quase independente dela, enquanto que os custos por habitação são francamente variáveis como expressa a figura 18. Os custos por hectare são quase constantes enquanto que os custos por habitação seguem hipérboles quase equiláteras.

Esta análise mostra, que assim como as outras redes estudadas, os custos por habitação são fundamentalmente função da densidade.

#### 6.6. Tipo de Traçado Viário

O tipo de traçado viário é a outra variável que tem forte influência nos custos da rede de esgoto como ficou evidenciado nas figuras 17 e 18.

Custo Total/ha US\$

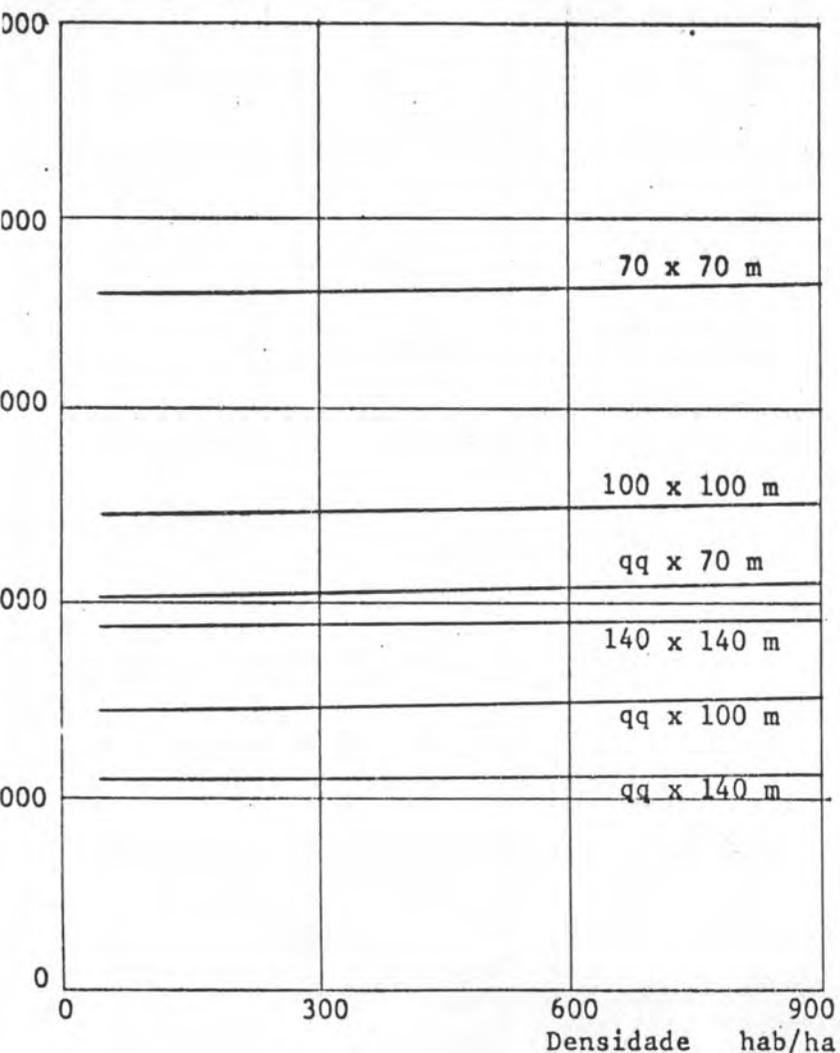


Figura 17  
Custos totais por hectare da rede de esgoto em função da densidade para vários tipos de traçados viários

Custo Total/habitação US\$

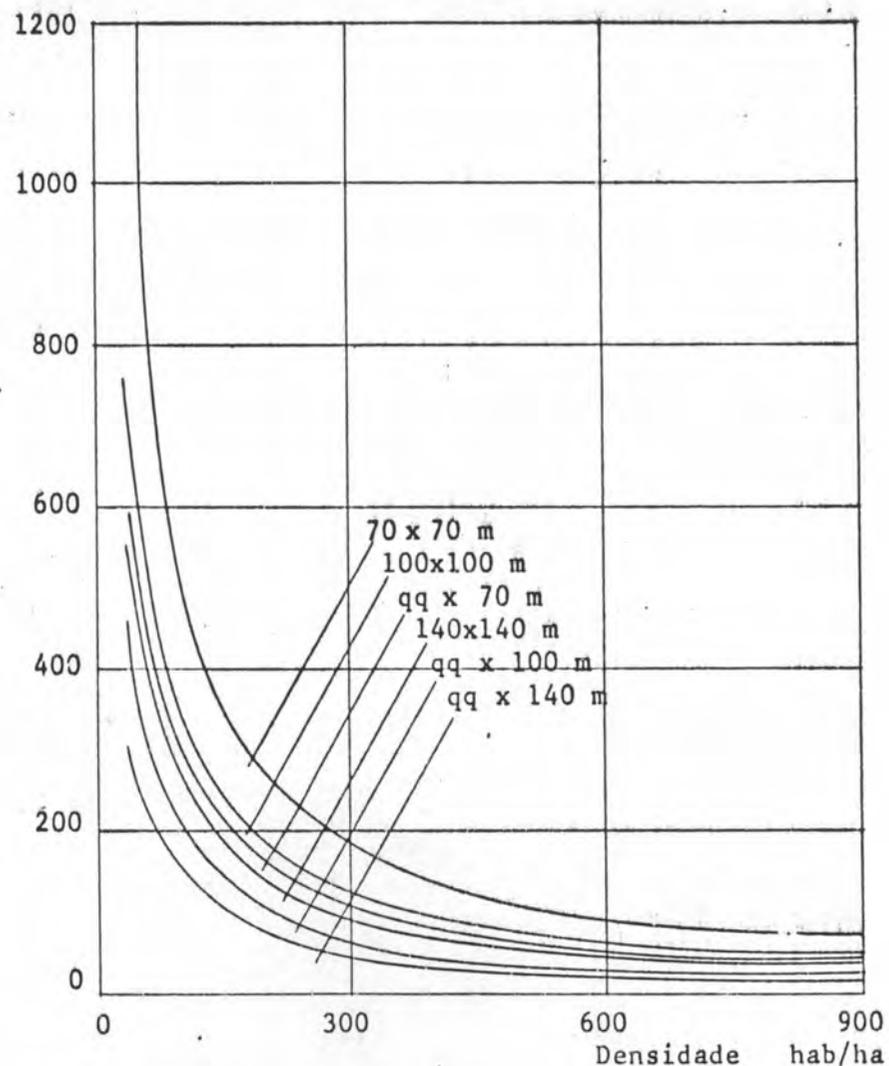


Figura 18  
Custos totais por habitação da rede de esgoto em função da densidade para vários tipos de traçados viários

Foram analisados modelos com traçados viários em duas alternativas básicas: uma com quarteirões em xadrez com tamanhos variando desde 70 x 70 m. até 140 x 140 m. passando por o mais habitual de 100 x 100 m.; a outra com quarteirões normais de 70 e 100 metros de largura.

De fato, os custos aumentam em qualquer das duas alternativas na mesma medida que diminue o tamanho do quarteirão pelo fato do maior comprimento que as redes têm que ter para percorrer todas as ruas onde os lotes têm frente.

Como em outros casos (gás e água) o custo da rede para iguais tamanhos de lotes e densidade habitacional, o custo da rede de esgoto desce sensivelmente se o traçado fosse de quarteirões normais. Neste caso (maior que nas outras redes) a queda do custo está na ordem de 40%.

#### 6.7. Algumas Considerações Finais

Como pode-se lembrar as duas únicas variáveis, que realmente são de interesse e influentes nos custos são, em primeiro lugar, a densidade, que pode fazer variar o custo por habitação em 100 ou 200 % com toda facilidade pois a rede é e quase independente da quantidade de usuários servidos. Em segundo lugar o tipo de traçado viário adotado que pode fazer variarem os custos das redes até em 100%, para alguns casos extremos.

Estas duas variáveis dependem de fato das decisões que os planejadores urbanos vierem a tomar pelo que a economicidade dela depende estritamente deles e não tanto das condições locais, que frente as decisões urbanas pouco influem.

O estudo mostra que os engenheiros, que têm a responsabilidade de seu projeto, pouco podem fazer para alterar os custos dessa rede se as primeiras decisões já foram tomadas, a nível urbano.

Cabe aclarar que todos os custos considerados e graficados são, supondo que os pavimentos são realizados depois,

caso contrário, haverá que incrementá-los em 30% a 40% (figura 19) para levar em consideração os custos de ruptura e reparação de pavimentos. Esta porcentagem de acréscimo será algo maior em densidades baixas e quarteirões pequenos e menor em densidades altas e quarteirões maiores, podendo chegar a crescer este valor a um mínimo de acréscimo de 25% em alguns casos extremos.

Cabe aclarar também que nos custos gratificados não estão incluídas as ligações prediais, que, como em todas as outras redes estudadas, são tratadas isoladamente.

## VII. LIGAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Entende-se por ligação predial de esgotos o conjunto de elementos que tem por finalidade estabelecer a comunicação entre a instalação predial de esgotos de um edifício e o sistema público correspondente (ver figura 20). A ligação predial ou coletor predial é o trecho de tubulação propriamente dito que conduz os esgotos sanitários de um edifício ao coletor público. Tem início, convencionalmente, no alinhamento da rua, junto à propriedade. A partir deste ponto principia a instalação predial, já dentro dos limites da propriedade, sendo o último trecho da instalação predial, que faz ligação com o coletor predial, denominado ramal interno.

### 7.1. Sistemas de Ligações Prediais

Os sistemas usuais de ligações prediais de esgotos sanitários são dois: (ver figura 37).

- sistema radial: os coletores prediais de vários edifícios são levados a um único ponto de conexão com o coletor público.
- sistema ortogonal: o ramal predial sai perpendicularmente à propriedade e vai ter um ponto distinto de conexão no coletor público.

A conveniência de um ou outro sistema depende da lar

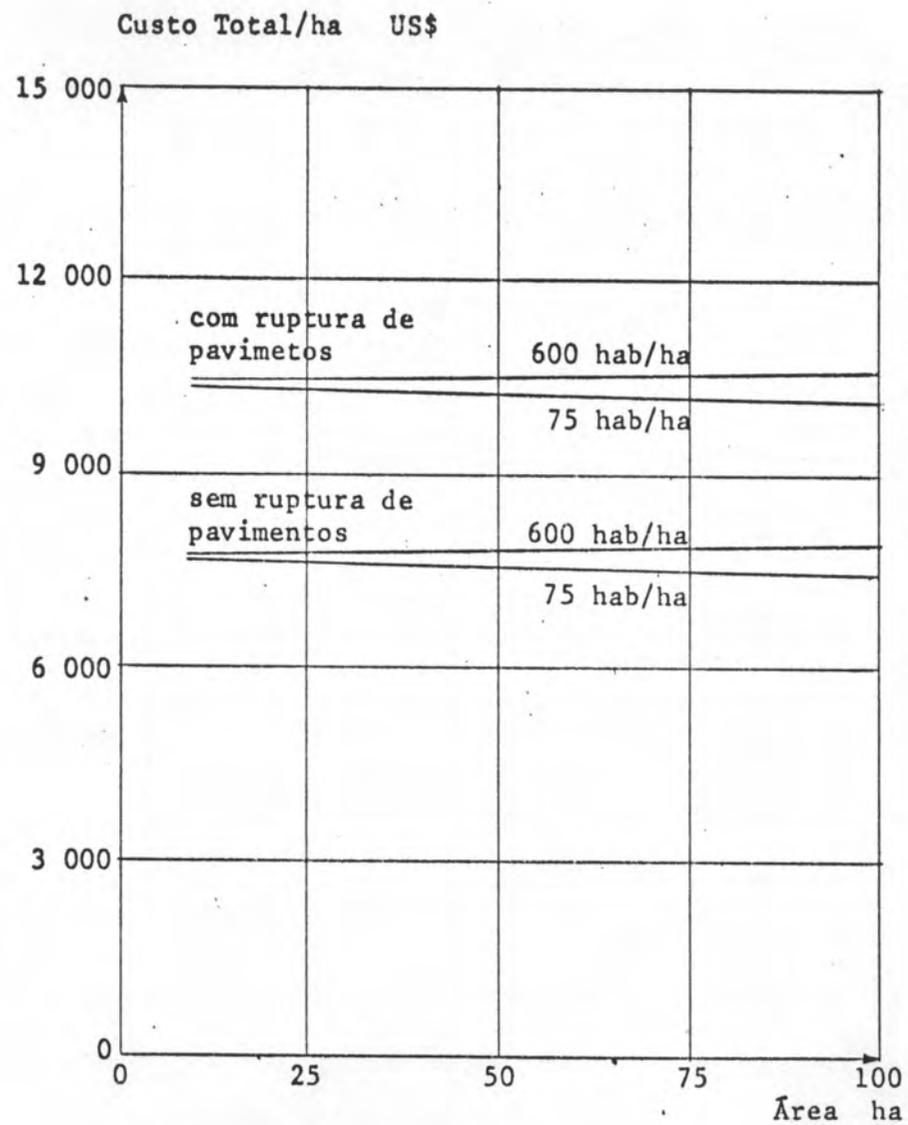
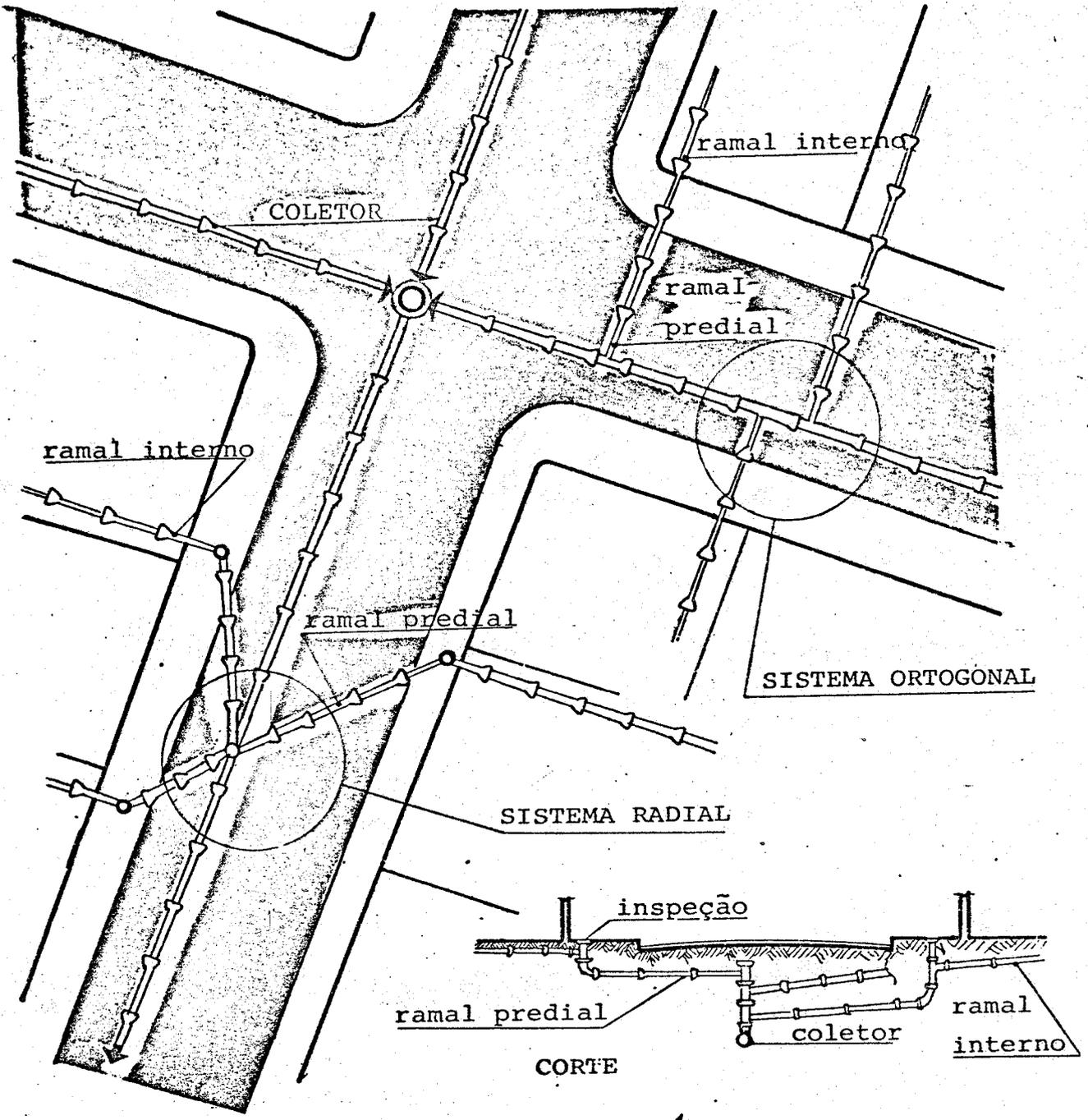
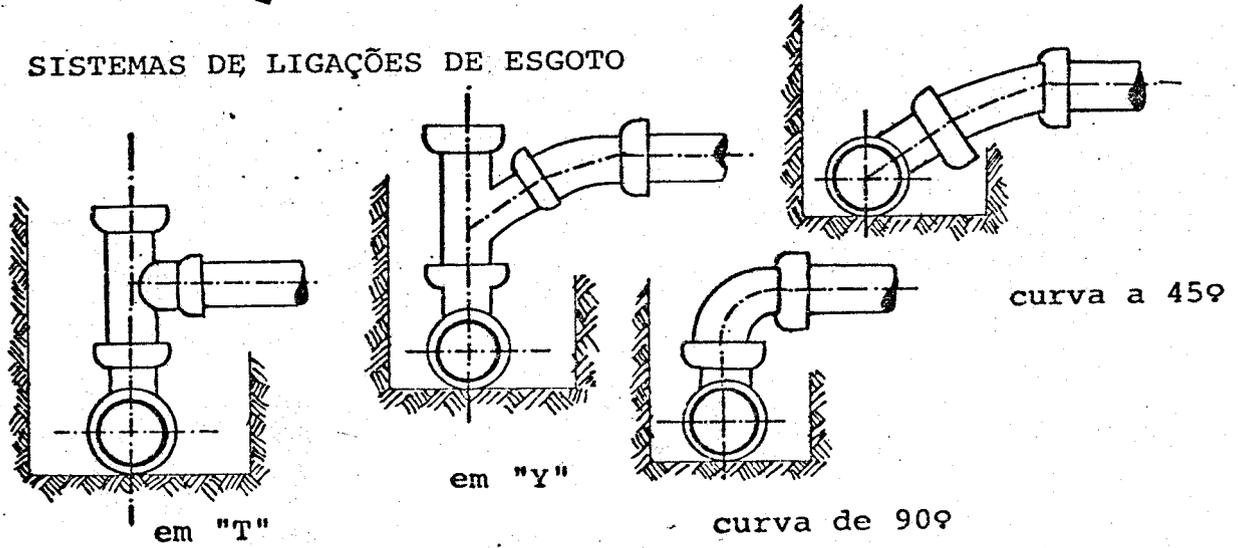


Figura 19  
 Variação do custo da rede de esgoto com e sem  
 ruptura de pavimentos, para distintas densidades  
 e áreas



SISTEMAS DE LIGAÇÕES DE ESGOTO



FORMAS DE CONEXÃO DO COLETOR PREDIAL NO COLETOR PÚBLICO

Figura 20  
Sistemas de ligações prediais de esgotos

gura da testera dos lotes e da rua em relação aos custos de interceptação da rede. Por razões práticas o sistema radial é pouco utilizado.

### 7.2. Materiais das Ligações Prediais

Utiliza-se, geralmente, no Estado de São Paulo, tubos cerâmicos e peças do mesmo material para a execução das ligações. O cimento amianto e o P.V.C. podem ser utilizados nos coletores prediais com melhores resultados. Quando o ramal predial estiver sujeito a choques ou ficar exposto, deve-se utilizar tubos de ferro fundido. Os tubos e conexões cerâmicos são os utilizados nos modelos em estudo por serem os mais habituais.

### 7.3. Custos das Ligações Prediais

As características próprias do local de implantação das ligações prediais constituem um dos fatores condicionantes dos custos de execução das mesmas. Essas características são: a largura das ruas (leito carroçável e passeio), o pavimento das ruas, a tubulação coletora (localização e diâmetro).

Para fins de comparação de custos, consideraram-se as seguintes variações dos característicos do local de implantação:

- largura das ruas (leito carroçável mais passeios):  
11.0 ; 15,0 ; 19.0 m.
- pavimentos das ruas: leito e passeios não pavimentados
- tubulação coletora: diâmetro 150 mm.

localização: no centro e em um dos terços.

A partir dos custos unitários e serviços obteve-se os custos das ligações prediais de esgotos para cada uma das possibilidades apresentadas combinando-se as características do local de implantação.

Assim para o caso de tubulação coletora situada num dos terços de rua, obteve-se os custos das ligações adjacentes e

opostos à rede. No caso de tubulação coletora no centro do leito carroçável, obteve-se os custos para as ligações situadas em ambos os lados (custos iguais).

A tabela II mostra os "custos médios" das ligações para cada uma das alternativas analisadas combinando-se as características do local de implantação. Entende-se por "custo médio" a média aritmética dos custos das ligações de ambos os lados.

#### 7.4. Situação Típica das Ligações Prediais nos Modelos

Visando estabelecer para as ligações prediais uma "situação típica" dentro da rede coletora de esgotos, foram supostas as seguintes hipóteses:

- a tubulação coletora está localizada num dos terços da rua, o que ocorre na maioria das vezes;
- o diâmetro da tubulação coletora foi fixado em 150 mm, dada a sua ocorrência nas redes coletoras de esgotos sanitários;
- a largura da rua (leito e passeios) foi fixada em 15,0 m., porque é representativa, em termos de ocorrência, na malha urbana;
- o custo da ligação é o "custo médio" das ligações (de ambos os lados);
- o número de ligações foi fixado em 15 ligações por hectare.

### VIII. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E CUSTOS DOS SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Excetuando-se a rede coletora de esgotos sanitários (inclusive os órgãos acessórios) e as ligações prediais de esgotos, chamaram-se de Obras Gerais os demais órgãos constitutivos do sistema de esgotos sanitários. São eles: interceptor, emissário, estação elevatória e estação de tratamento de águas residuárias.

LIGAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTOS DE 100 mm DE DIÂMETRO E COLETOR PÚBLICO DE 150 mm DE DIÂMETRO			
LOCALIZAÇÃO DO COLETOR	LARGURA DAS RUAS	CUSTO DAS LIGAÇÕES PARA RUAS SEM PAVIMENTO	CUSTO DAS LIGAÇÕES PARA RUAS COM PAVIMENTO
	m	Cr\$	Cr\$
COLETOR NO MEIO DA RUA	11,0	453,61	1.023,10
	15,0	576,77	1.375,51
	19,0	699,93	1.727,92
COLETOR NO TERÇO DA RUA	11,0	453,16	1.022,65
	15,0	576,77	1.417,21
	19,0	699,93	1.727,92

Tabela II - "Custos médios" das ligações para diferentes alternativas do local de implantação

### 8.1. Interceptor

Os parâmetros capazes de definir, em geral, o interceptor, no que diz respeito aos custos de construção, são os seguintes: o material, o diâmetro e o comprimento.

Normalmente os interceptores são construídos com tubos cerâmicos ou de concreto (simples ou armado), podendo ainda serem construídos em cimento amianto, ferro fundido ou políester.

Os interceptores adotados para os modelos são constituídos de material cerâmico para diâmetros até 375 mm ou de concreto (simples ou armado, dependendo do diâmetro a ser empregado) para diâmetros maiores que 375 mm.

### 8.2. Emissário

Os parâmetros que definem, em geral, o emissário, no que diz respeito aos custos de construção, são os seguintes: o material, o diâmetro e o comprimento.

Geralmente os emissários são construídos com tubos cerâmicos ou de concreto (simples ou armado), podendo ainda serem construídos em cimento amianto, ferro fundido ou poliéster.

Os emissários adotados para os modelos são constituídos de material cerâmico para diâmetros até 375 mm. ou de concreto (simples ou armado, dependendo do diâmetro a ser empregado) para diâmetros maiores que 375 mm.

### 8.3. Estação Elevatória

Os parâmetros que definem o recalque (Estação Elevatória), para fins de estimativa de custo, são: a potência do conjunto elevatório e as obras civis que abrigarão os equipamentos das estações elevatórias.

Através das potências dos conjuntos motor-bomba em-

pregados é que se caracteriza a potência do conjunto elevatório.

Constatou-se que 85% dos sistemas de esgotos sanitários dos 114 municípios paulistas com mais de 12.000 habitantes não necessitavam de estações elevatórias o que nos leva a não considerar sua existência quando da caracterização de uma situação típica das obras gerais do recalque.

#### 8.4 Estação de Tratamento de Águas Residuárias

Para fins de estimativa de custo, os parâmetros que caracterizam uma estação de tratamento de águas residuárias seriam: o tipo de tratamento realizado na estação e a capacidade da mesma (esta última função do volume diário de esgotos do dia de maior descarga e da hora de maior contribuição acrescido do volume de infiltração de água na rede coletora).

Os custos para cada um desses itens podem ser apreciados no trabalho citado da pag. 159 a 167.

#### 8.5. Caracterização Física e Custo dos Sistemas de Esgotos Sanitários

As características físicas das redes coletoras de esgotos sanitários dos modelos de sub-bacias foram acrescentadas as características físicas das respectivas ligações prediais e das Obras Gerais, ambas necessárias à complementação dos serviços prestados pelo sistema de esgotos sanitários às respectivas sub-bacias dos modelos.

#### 8.6. Custo Total

Aos custos de construção das redes coletoras de esgotos sanitários para a Situação Construtiva descrita foram acrescentados os custos respectivamente relativos às ligações prediais e às Obras Gerais, ambos necessários à complementação dos serviços de esgotos sanitários oferecidos às sub-bacias dos modelos.

Esses custos, bem como o custo total e o custo "per capita" dos sistemas de esgotos sanitários necessários ao atendi-

mento das sub-bacias dos modelos, são apresentados para a Situação Construtiva descrita, no trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura em Cidades de Porte Médio", nas tabelas 16 e 17. As incidências do custo total dos diversos órgãos que compõem o sistema de esgotos sanitários das sub-bacias dos modelos, também estão apresentadas nessas tabelas.

S I S T E M A S   U R B A N O S   D E   P A V I M E N T A Ç Ã O

## SISTEMAS URBANOS DE PAVIMENTAÇÃO

### INTRODUÇÃO

O trabalho referente aos sistemas urbanos de pavimentação tem como objetivo primordial a ser atingido, o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para sua implantação e a determinação da importância e a forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Será dado destaque as variáveis que possam incidir de forma mais significativa naqueles custos, bem como aqueles que são manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais, quando da apresentação de soluções para as cidades de porte médio, para bairros projetados e agregados a cidades maiores.

## I. GENERALIDADES

### 1.1. Descrição dos Pavimentos

Para que se possam compreender as comparações econômicas dos distintos tipos de pavimentos, torna-se necessário fazer uma descrição de cada um deles.

Tem-se que a secção de um pavimento típico constitui-se basicamente de duas partes diferenciadas pelas funções que desempenham.

A central, destinada ao trânsito de veículos, compõe-se de várias camadas:

- o revestimento (camada superficial), cuja função primordial é a de receber e suportar o tráfego, - e
- as camadas inferiores, que visam não apenas distribuir as cargas, mas também proteger o revestimento de possíveis falhas do sub-leito; tais camadas, por razões tecno-econômicas, são geralmente divididas em duas partes, ou seja, a base e a sub-base, sendo que para solos de baixa capacidade de suporte agrega-se uma terceira, conhecida pelo nome de reforço do sub-leito; cada uma dessas camadas terá normalmente uma resistência maior, à medida que se aproxima do revestimento e seus custos estão diretamente ligados a estas resistências.

As partes laterais, constituídas geralmente de concreto, destinam-se, fundamentalmente, a facilitar o escoamento das águas pluviais, além de atuarem como limite físico entre a parte destinada ao tráfego e a calçada.

## II. DETALHES CONSTRUTIVOS E CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

A grande diversidade de alternativas de pavimentos está fundamentalmente associada a opções de materiais e tecnologia a empregar.

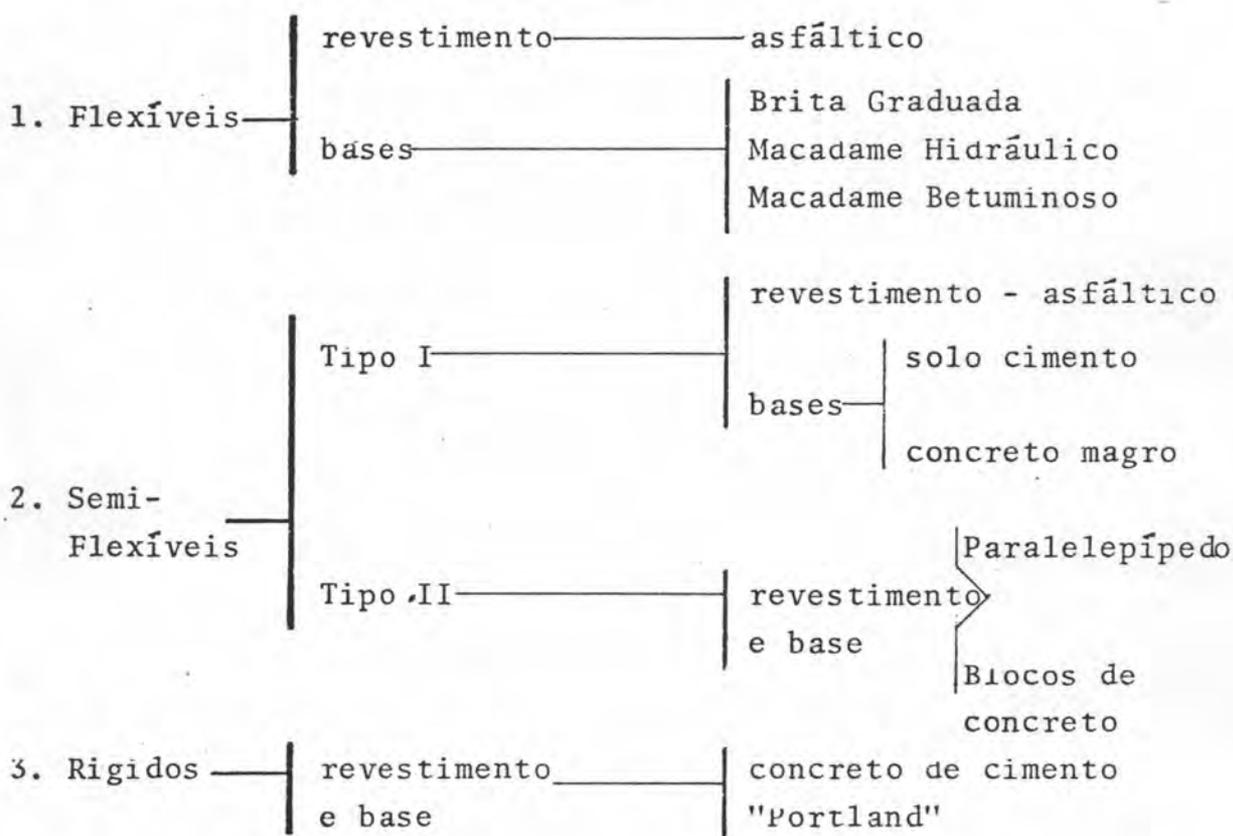
De forma geral, os pavimentos são classificados em:

1. Flexíveis: constituídos em geral por um revestimento asfáltico, amoldam-se a deformações do sub-leito, sem necessariamente sofrerem ruptura. (fig. 1)

2. Rígidos: formados por uma laje de concreto pouco deformável ficam sujeitos à formação de "trincas" ou de rupturas mais graves quando da falha do sub-leito. (Fig. 2).

3. Semi-flexíveis e semi-rígidos: com características intermediárias as mencionadas. (Figs. 3 e 4).

Existem distintos materiais que podem vir a constituir o revestimento, a base e a sub-base, segundo sejam flexíveis, semi-flexíveis ou rígidos. A tabela abaixo nos fornece aquelas composições de um pavimento, analisadas neste trabalho.



Composição dos pavimentos analisados.

As camadas de análise são compostas dos seguintes elementos:

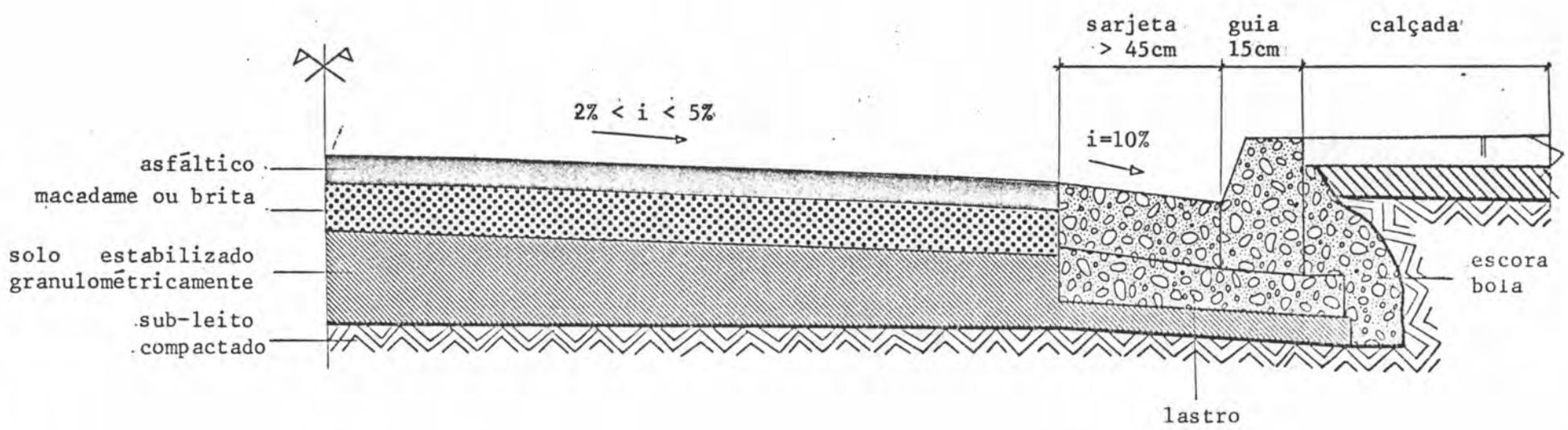


Figura 1 - Flexíveis

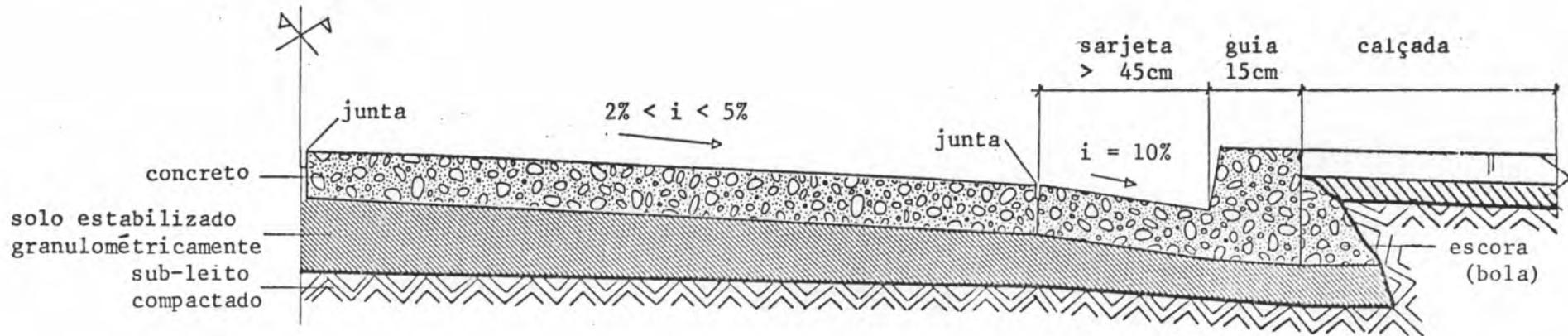


Figura 2 - Rígido

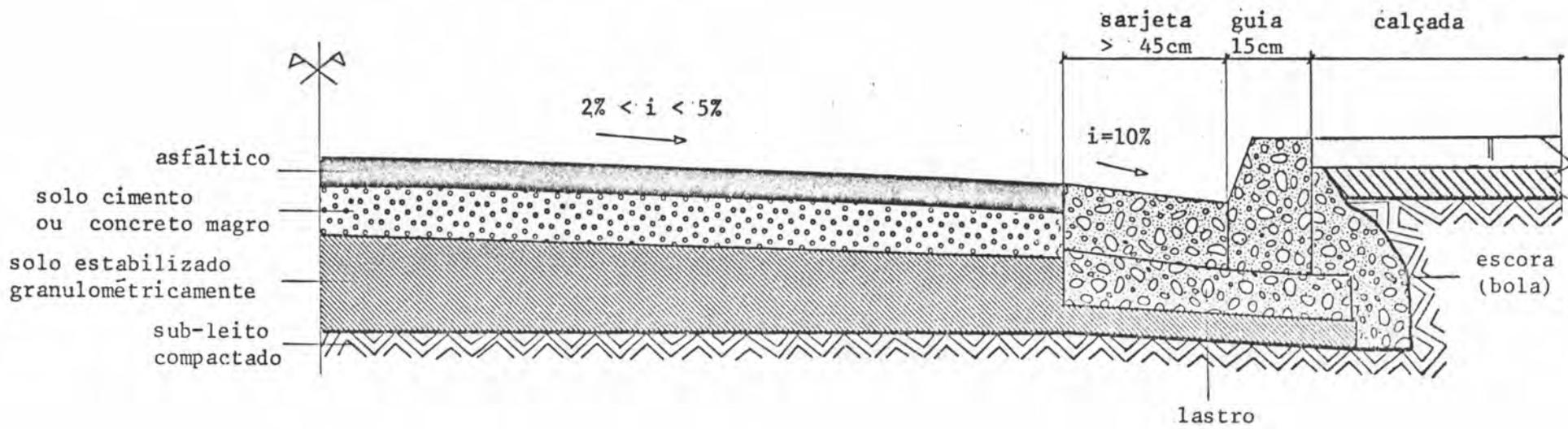


Figura 3 - Semi-flexíveis I

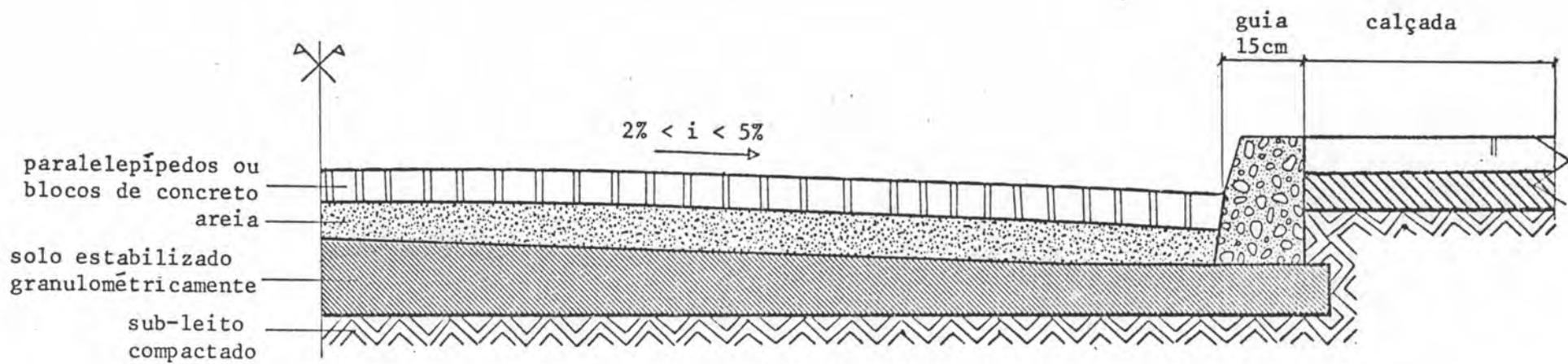


Figura 4 - Semi-flexíveis II

1. Revestimento: - tratamento superficial betuminoso sim  
ples, duplo ou triplo.  
- concreto asfáltico  
- imprimação ligante betuminosa
2. Bases . - brita graduada  
- macadame hidráulico  
- macadame betuminoso  
- "blinder" - usinado a quente  
- solo-cimento  
- concreto magro
3. Sub-Bases : - estabilizada granulometricamente  
- solo melhorado com cimento

### III. CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DOS PAVIMENTOS

O primeiro passo para a análise dos custos de construção dos pavimentos é o dimensionamento dos elementos que compõe cada camada, isso para cada tipo de pavimento estudado. A seguir aplica-se os preços unitários de cada material e obtém-se o custo por metro quadrado. Pela associação dos distintos elementos obtém-se a variação do custo de construção do pavimento por metro quadrado, variação esta colocada em função do tráfego que cada tipo de pavimento poderá suportar. (Figs. 5a, b, c, e e d).

#### 3.1. Pavimentos Semi-flexíveis Tipo II e Rígidos

##### 3.1.1. Pavimentos de Paralelepípedos

Sendo um pavimento constituído de blocos rígidos de pedra, de dimensões e ligações precárias entre si, o pavimento de paralelepípedos pode ser considerado semi-flexível.

A figura 6 nos mostra a variação do custo de construção deste tipo de pavimentação em função do tráfego. Foram considerados para o cálculo dos custos os itens: melhoria do subleito natural, reforço no subleito natural, sub-base estabilizada granulometricamente (incluindo transporte) e fornecimento e assentamento de paralelepípedos sobre a areia, rejuntados com

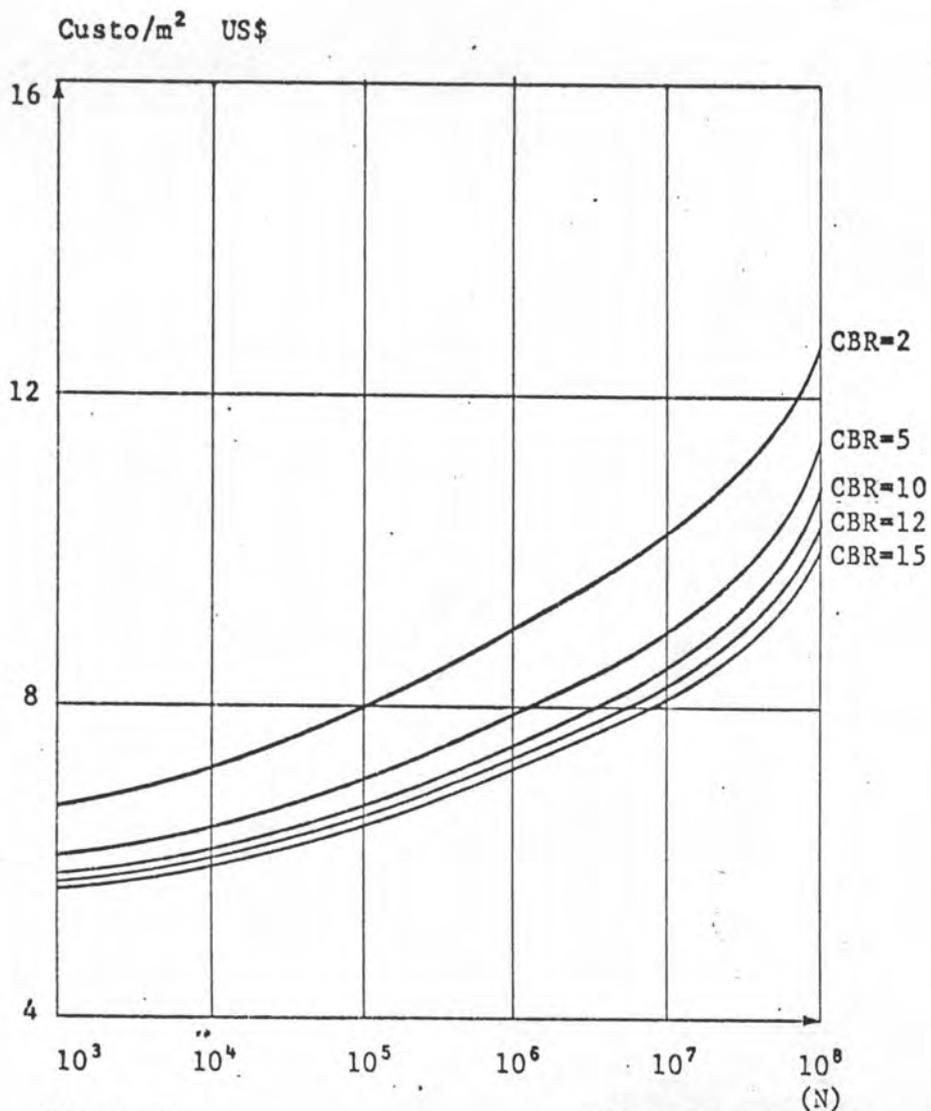


Figura 5a

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO FLEXÍVEL  
Revestimento - asfáltico  
Base - brita graduada  
Sub-base - solo estabiliza  
do granulométrica

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

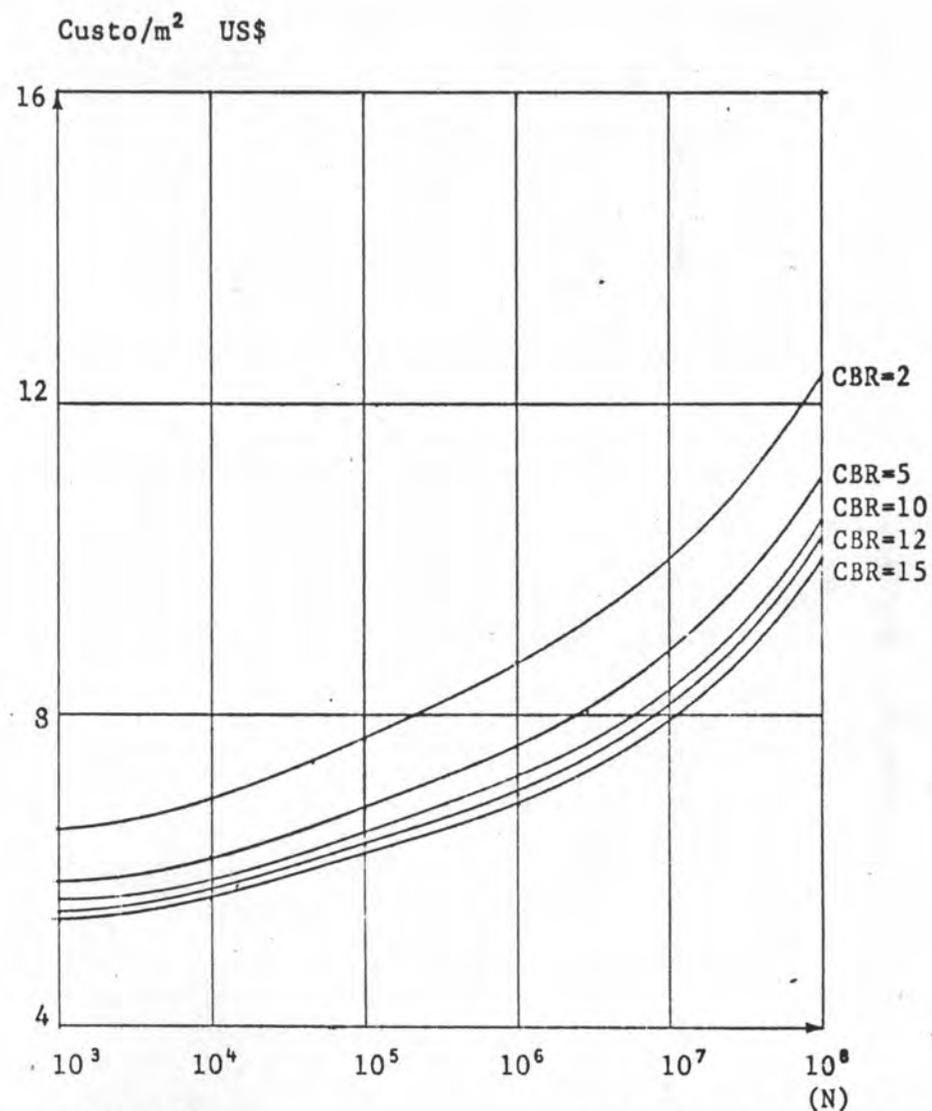


Figura 5b

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO FLEXÍVEL  
Revestimento - asfáltico  
Base - macadame hidráulico  
Sub-base - solo estabiliza  
do granulométrica

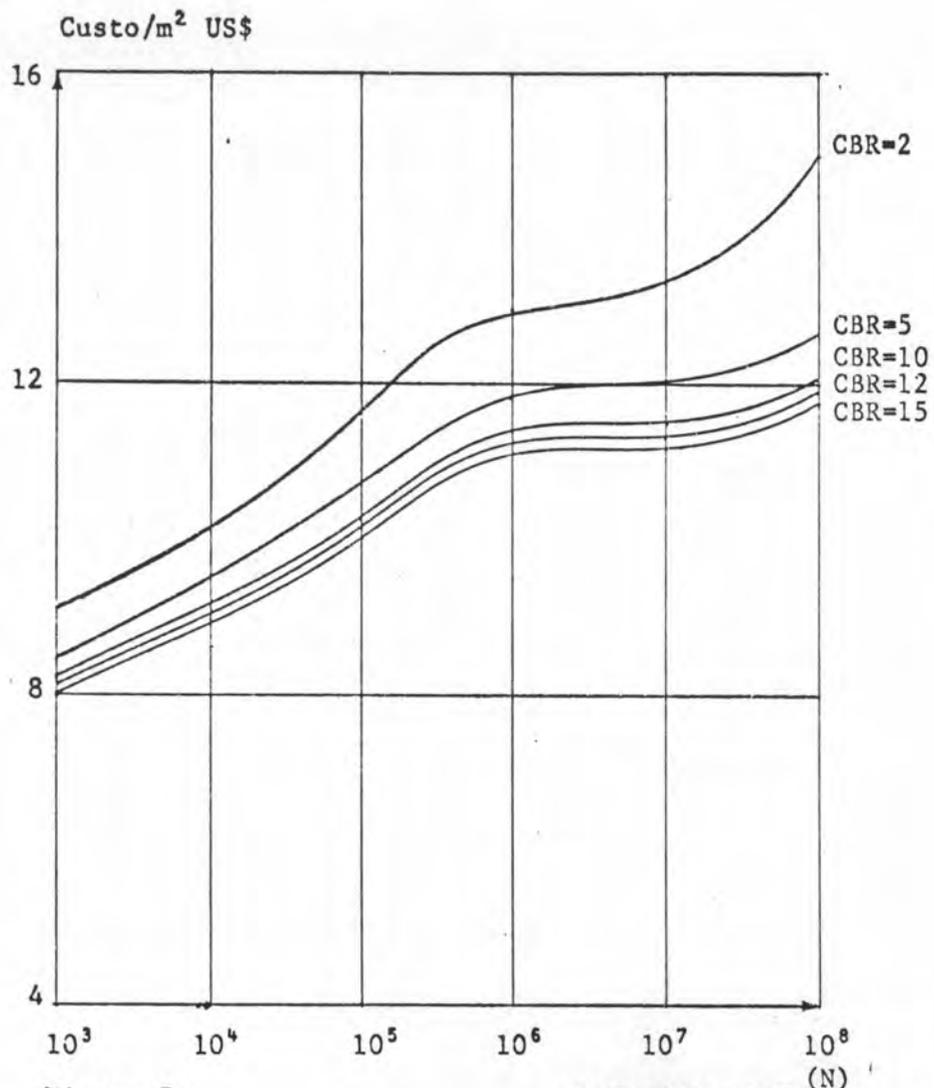


Figura 5c

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO FLEXÍVEL

Revestimento - asfáltico  
 Base - macadame betuminoso  
 Sub-base - solo estabilizado com cimento

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

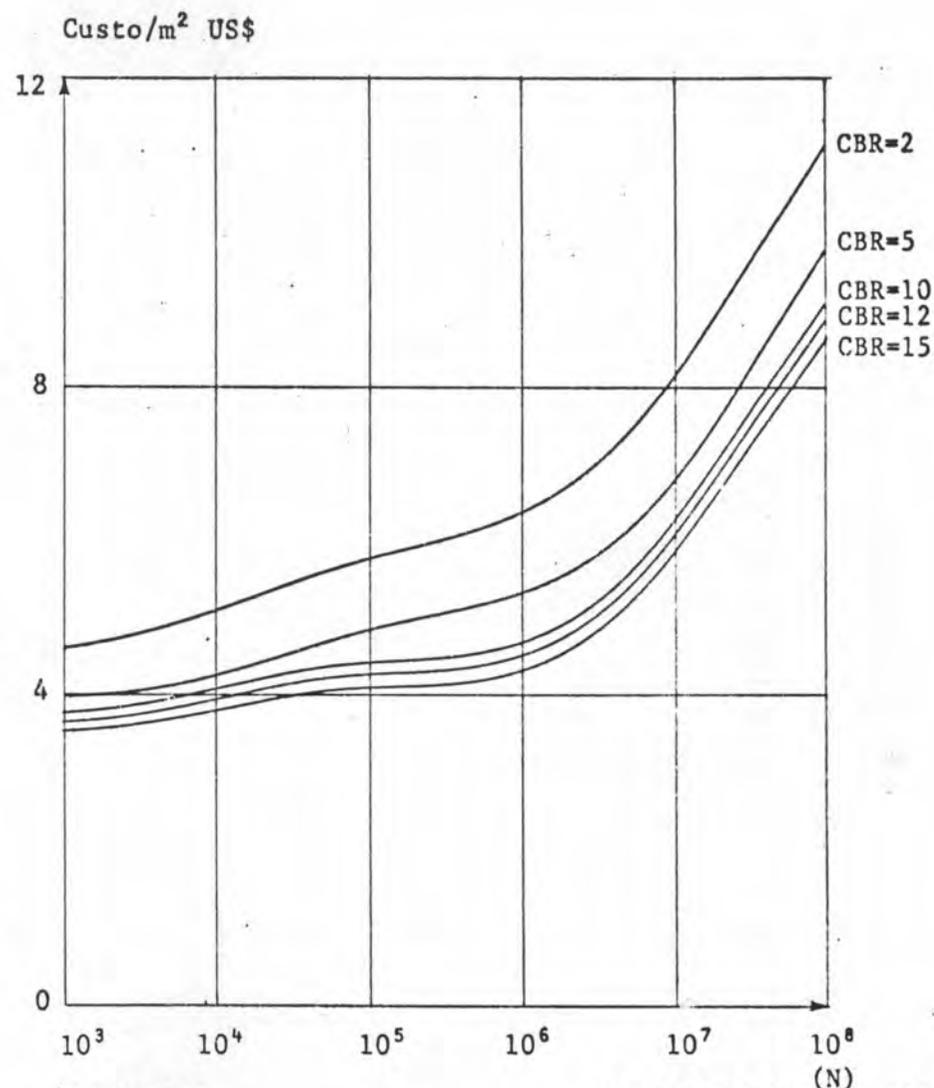


Figura 5d

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO SEMI-FLEXÍVEL I

Revestimento - asfáltico  
 Base - solo cimento  
 Sub-base - solo estabilizado com cimento

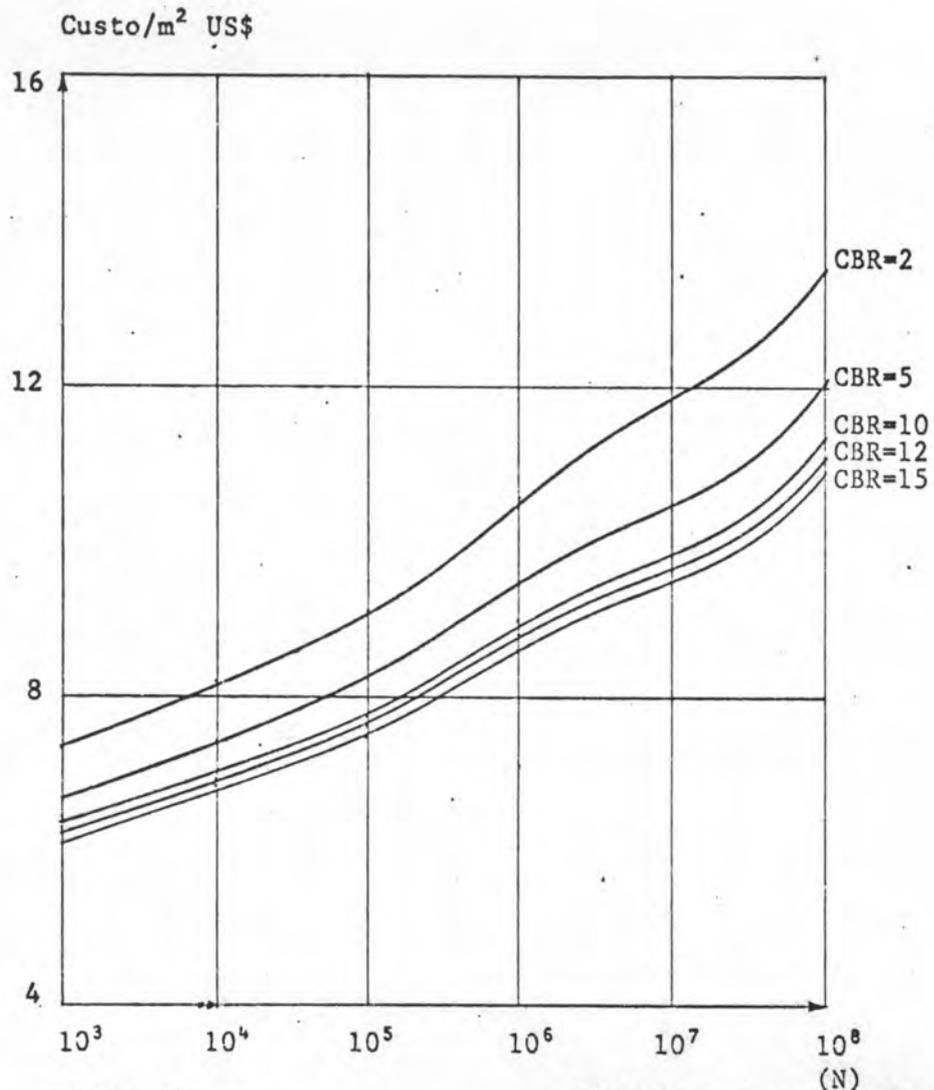


Figura 5e

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO SEMI-FLEXÍVEL I  
Revestimento - asfáltico  
Base - concreto magro  
Sub-base - solo estabiliza  
do granulométrica  
camente

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão,

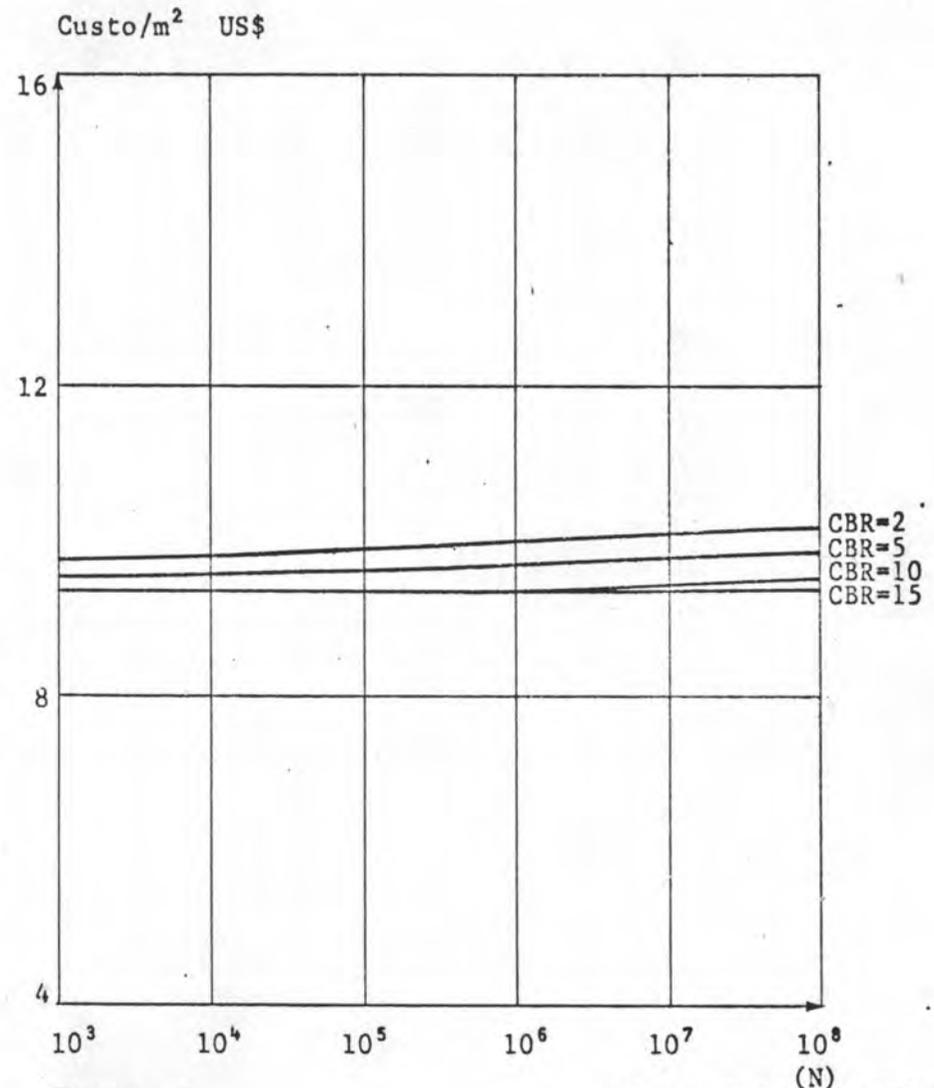


Figura 6

Variação do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO SEMI-FLEXÍVEL II  
Revestimento - asfáltico  
Base - areia  
Sub-base - solo estabiliza  
do granulométrica  
camente

areia, capeada superficialmente com asfalto.

### 3.1.2 Pavimentos de Blocos de Concreto

Costuma-se dividir este pavimento em dois tipos básicos, tendo em conta seu comportamento perante a ação das cargas; são eles:

- a) blocos sem articulação - são aqueles de faces laterais paralelas, cujo comportamento é idêntico ao dos paralelepípedos.
- b) blocos com articulação - são aqueles onde as faces laterais tem um desenho tal que as cargas recebidas por um determinado bloco são parcialmente transferidas para outros.

Os custos de ambos os tipos são aproximadamente iguais, sendo que os blocos com articulação exigem menores espessuras para a sub-base, o que os tornam mais econômicos; assim, estudou-se apenas este tipo de bloco.

A figura 7 refere-se à variação de custo de construção deste tipo de pavimentação em função do tráfego. Foram considerados para o cálculo dos custos os itens: melhoria do sub-leito natural, reforço no sub-leito natural, sub-base estabilizada granulometricamente (incluindo transporte), mão de obra de assentamento (fornecimento de areia e asfalto), blocos de concreto sextavados de 10 cm.

### 3.1.3 Pavimentos de Concreto

Este tipo de pavimento é normalmente constituído por uma laje de concreto de cimento Portland, sem armar, que tem dupla função: revestimento e base, tornando-se, assim, necessário uma camada de acomodação da laje ao terreno natural (sub-base), e, ainda, nos casos de sub-leito de baixa qualidade para pavimentação, uma capa adicional de reforço.

Três são as variáveis que determinam a espessura de um pavimento de concreto, a saber: a capacidade de suporte do sub

leito ou do sistema do sub-leito base, resistência à tração na flexão do concreto empregado e intensidade e características das cargas.

A figura 8 refere-se à variação de custo de construção deste tipo de pavimentação em função do tráfego. Foram considerados para o cálculo dos custos os itens : melhoria do sub-leito natural, reforço no sub-leito natural, sub-base estabilizada granulometricamente (incluindo transporte), mão de obra de assentamento (fornecimento de areia e asfalto). blocos de concreto sextavados de 10 cm,

#### IV - CORRELAÇÃO DOS CUSTOS COM DIVERSAS VARIÁVEIS DE INTERESSE E CONCLUSÕES

Para comparar os diferentes tipos de pavimentos estudados (rígidos, semi-flexíveis e flexíveis) estabeleceu-se um "modelo de equivalência" que leva em consideração as variáveis adaptadas para a análise e o cálculo, ou seja:

Composição do tráfego nas cidades de porte médio do Estado de São Paulo, fixando assim a correspondência provável entre a intensidade do tráfego (base de cálculo para os pavimentos flexíveis) e a carga máxima por eixo (base de cálculo para os pavimentos rígidos).

Para essa comparação econômica das diferentes alternativas de pavimentos aqui abordadas através do cálculo de seus custos totais anuais, temos que atuar em três níveis:

- 1º) comparar seus custos de construção por unidade de superfície. São esses os valores usados nas concorrências realizadas pelos diferentes órgãos. (Figs. 9 e 10)
- 2º) comparar seus custos de construção incluindo a incidência de guias e sarjetas que se diversificam devido às diferenças nos processos executivos. (figs. 11, 12 e 13).
- 3º) agregar os custos de construção os de manutenção, junto a um valor residual do fim da vida útil (vide ítem 4.3.2 pg. 96 do trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura em Cidades de Porte Médio" do grupo de pesquisa em Economia e Racionalização da Construção FAUUSP). É através do custo anual que se pode avaliar correta e

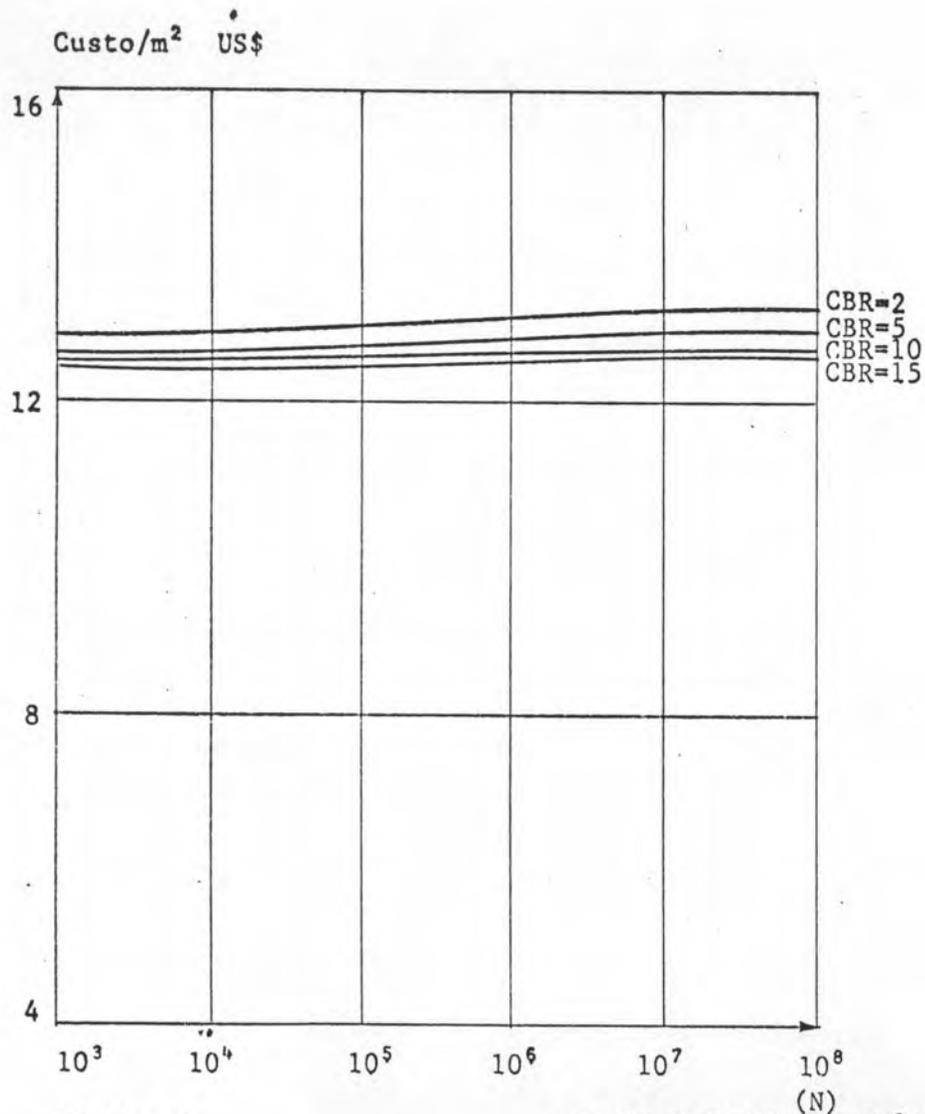


Figura 7

Variação do custo de construção do pavimento/m² em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO SEMI-FLEXÍVEL II

Revestimento - blocos articulados de concreto  
 Base - colchão de areia  
 Sub-base - solo estabilizado com cimento

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

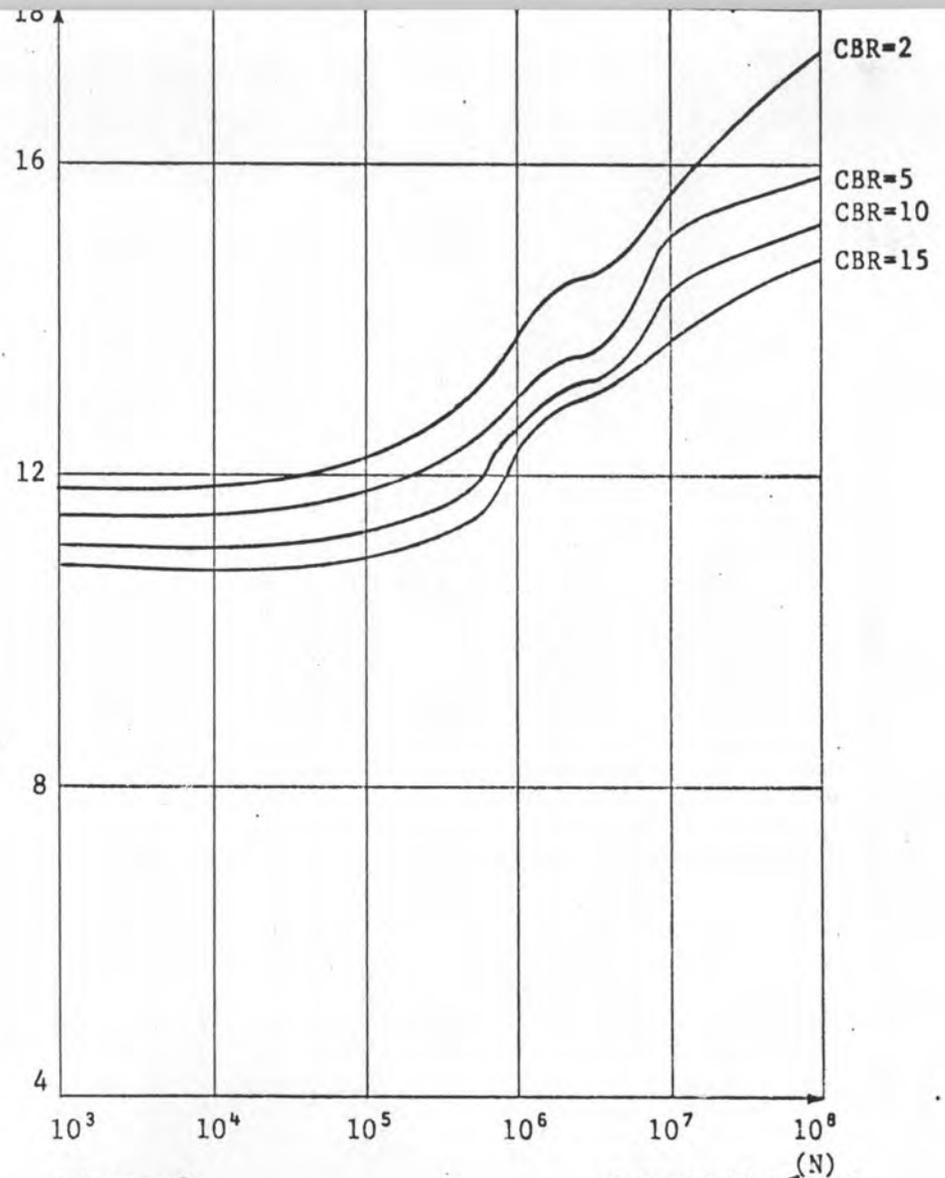


Figura 8

Variação do custo de construção do pavimento/m² em função do tráfego, para diferentes tipos de solo.

PAVIMENTO RÍGIDO

Revestimento e Base - concreto de cimento Portland  
 Sub-base - solo estabilizado com cimento

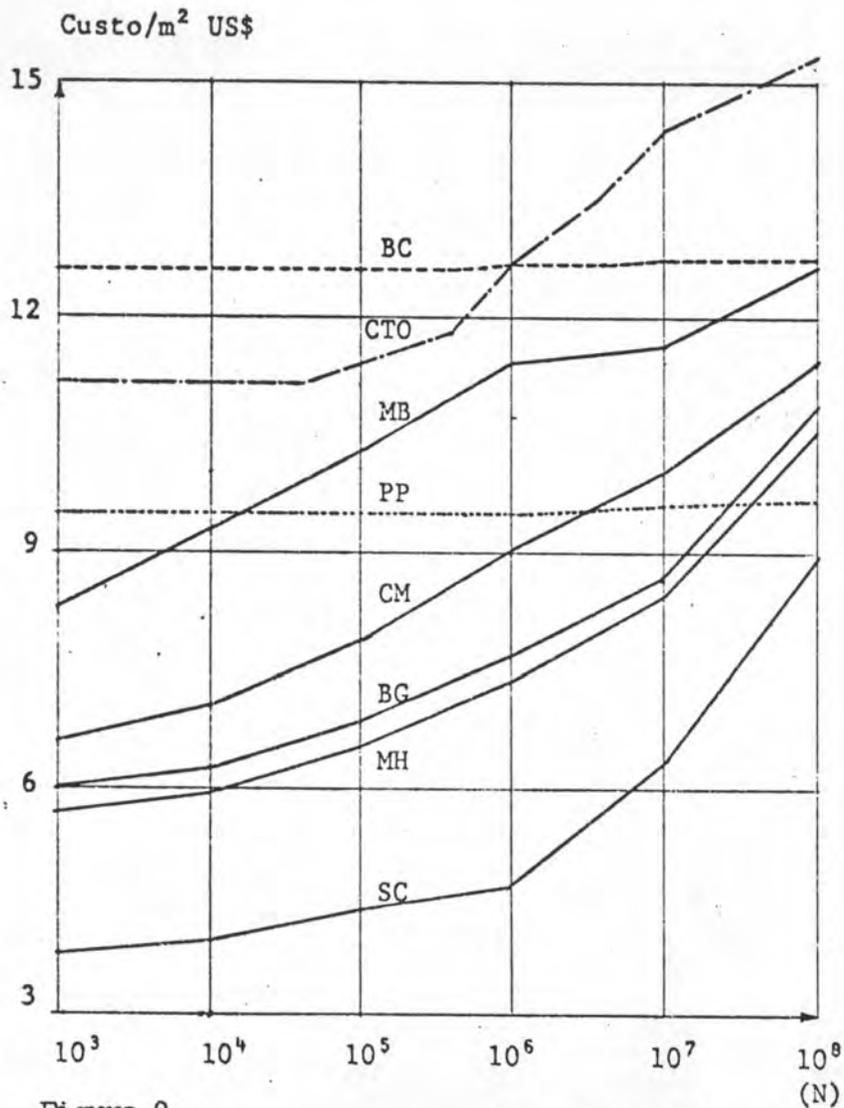


Figura 9

Varição do custo de construção do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diferentes alternativas, fixado CRB do solo = 10

BG - Brita Graduada  
 MH - Macadame Hidráulico  
 MB - Macadame Betuminoso  
 CM - Concreto Magro

SC - Solo Cimento  
 BC - Blocos de Concreto - B  
 PP - Paralelepipedo - //  
 CTO - Concreto

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

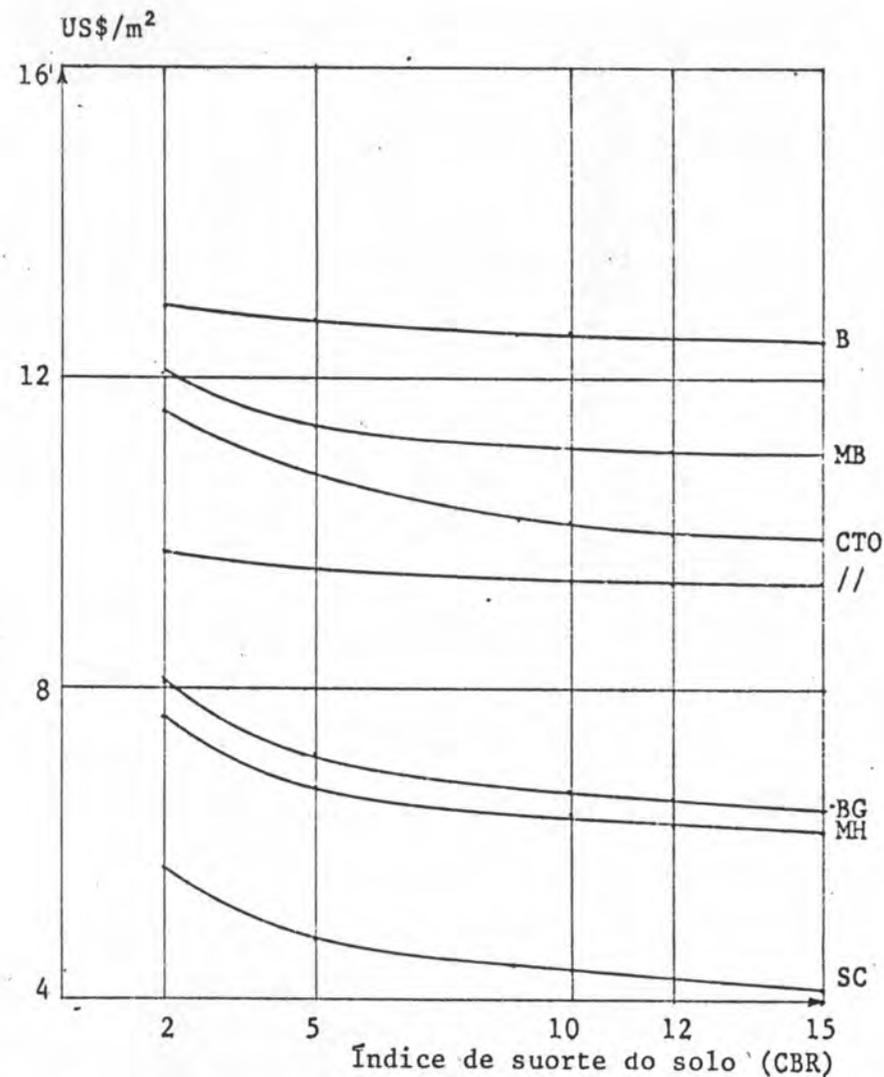


Figura 10

Custo/m<sup>2</sup> de construção do pavimento em f(tipo de solo), fixado N = 10<sup>5</sup>.

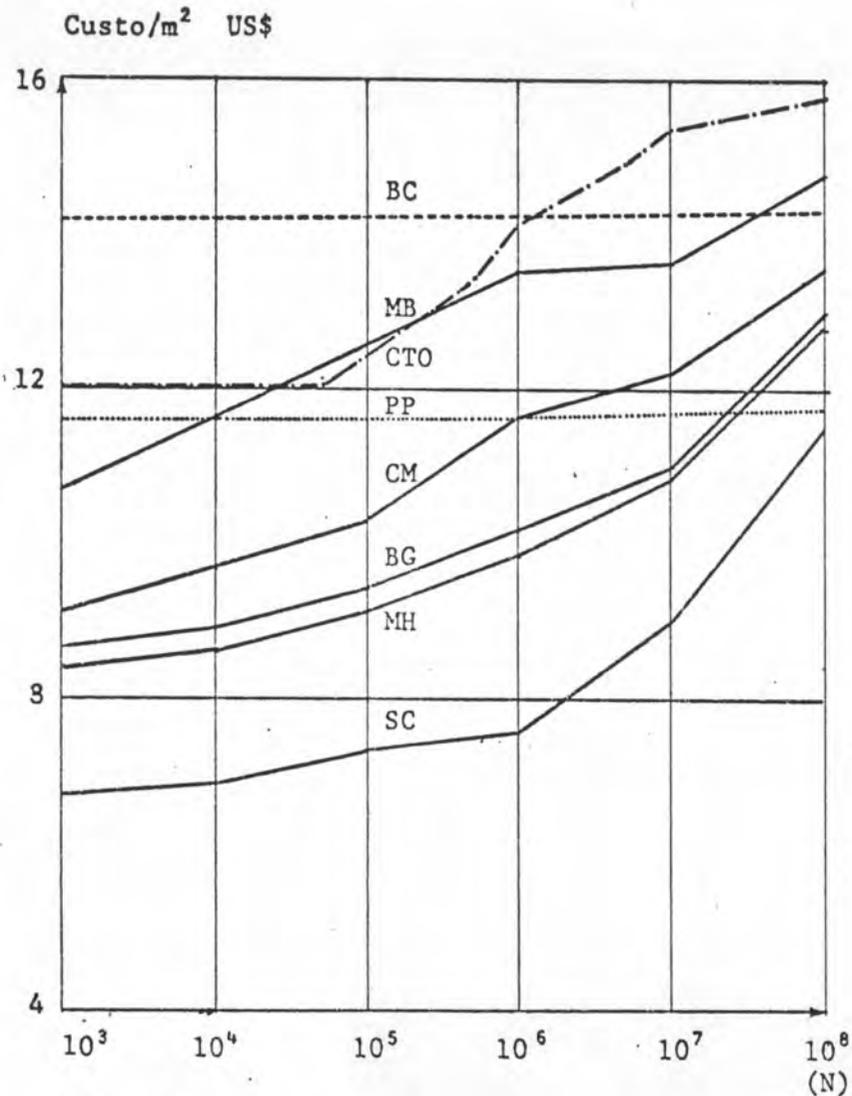


Figura 11  
Variação do custo de construção das diversas alternativas, para diferentes tipos de trafego (incluindo sarjetas e guias), fixado CRB do solo = 10

BG - Brita Graduada  
MH - Macadame Hidráulico  
MB - Macadame Betuminoso  
CM - Concreto Magro

SC - Solo Cimento  
BC - Blocos de Concreto - B  
PP - Paralelepipedo - //  
CTO - Concreto

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

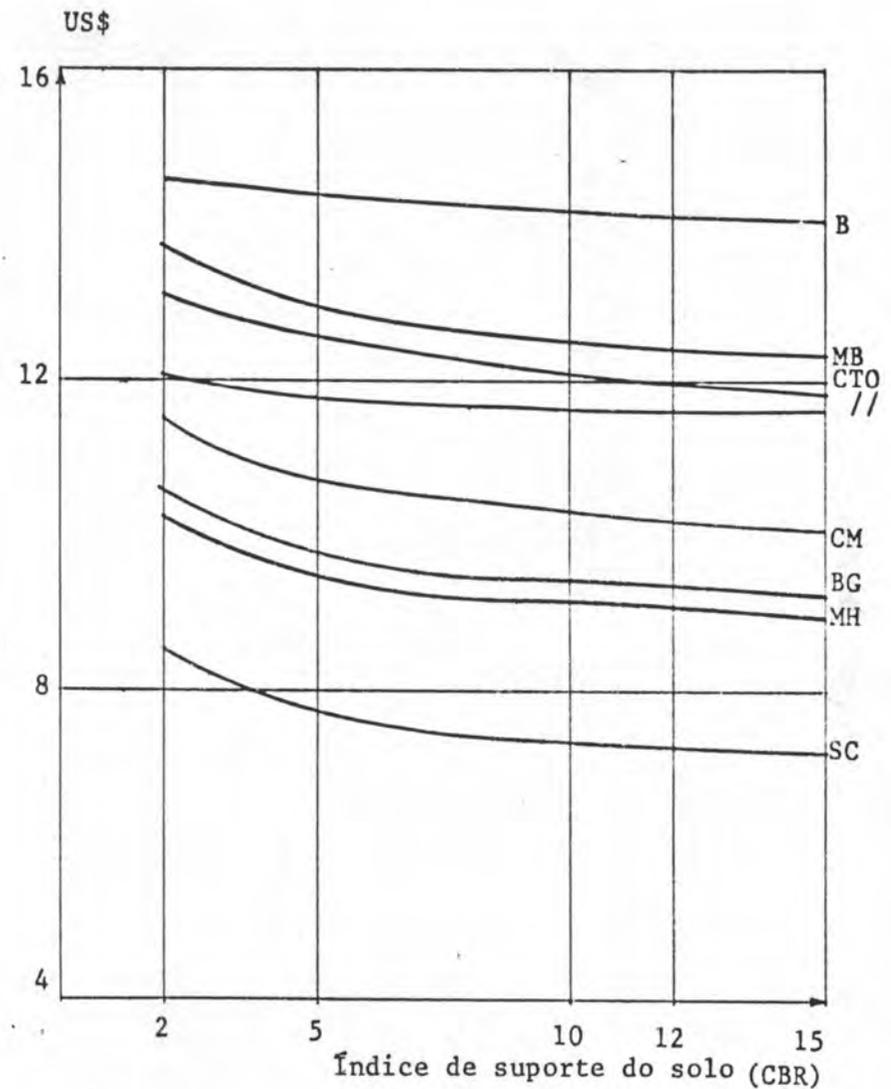


Figura 12  
Custo/m<sup>2</sup> de construção do pavimento em f(tipo de solo), fixado N = 10<sup>5</sup>, incluindo guias e sarjetas.

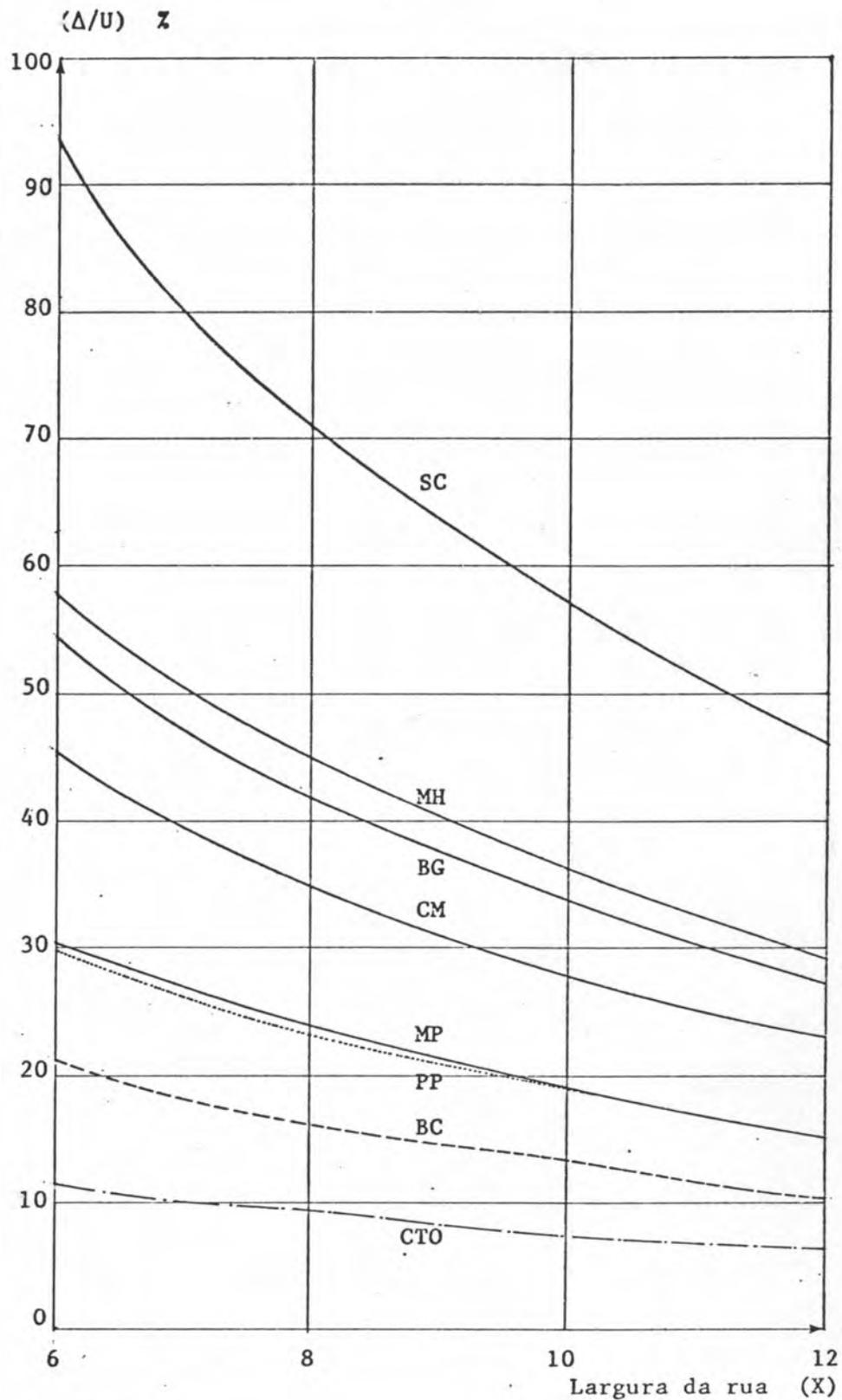


Figura 13

Relação do acréscimo provocado por guias e sarjetas ( $\Delta$ ) e o custo de construção do pavimento ( $U$ ) em função da largura da rua ( $X$ ).

BG - Brita Graduada	SC - Solo Cimento
MH - Macadame Hidráulico	BC - Blocos de Concreto
MB - Macadame Betuminoso	PP - Paralelepípedo
CM - Concreto Magro	CTO - Concreto

globalmente o desempenho técnico-econômico de cada alternativa considerada.

Como era de esperar, muitos dos pavimentos cujo custo inicial é baixo quando analisados através da vida útil provável, apresentam-se como uma alternativa antieconômica por diferentes razões (como por exemplo: alto custo de manutenção, curta vida útil, difícil realização dos trabalhos de conservação ou ampliação das outras redes urbanas etc.)

Através da metodologia proposta para estimativa dos custos anuais exposta acima, chegou-se aos valores apresentados nas figuras 14 e 15, segundo os diferentes tipos de pavimentos.

#### 4.1. Variação dos Custos de Pavimentação por Habitação (incidência) em Função de Traçados Viários e Densidades Alternativas

Baseado em estudos estatísticos, realizou-se a análise da influência dos diferentes traçados urbanos, nos custos do pavimento. Interrelacionam-se, assim, aspectos tais como a porcentagem de ruas que devem ser construídos em relação às áreas totais a serem atendidas (tabela I) com a provável correspondência - para cada densidade - de custos de pavimentação por habitante - considerando os traçados clássicos (para os que não há um condicionamento do tráfego a se admitir) e os traçados mais modernos nos que a qualificação do tráfego forma parte da informação do projeto de pavimentação, gerando ruas principais e secundárias.

Da comparação dos pavimentos mais adequados em superfície ( $m^2$ ) e qualidade (tipo de pavimento) para as alternativas consideradas, deduzem-se as soluções mais econômicas e, conseqüentemente, os custos que se atingem em cada caso. (Figs. 16 e 17).

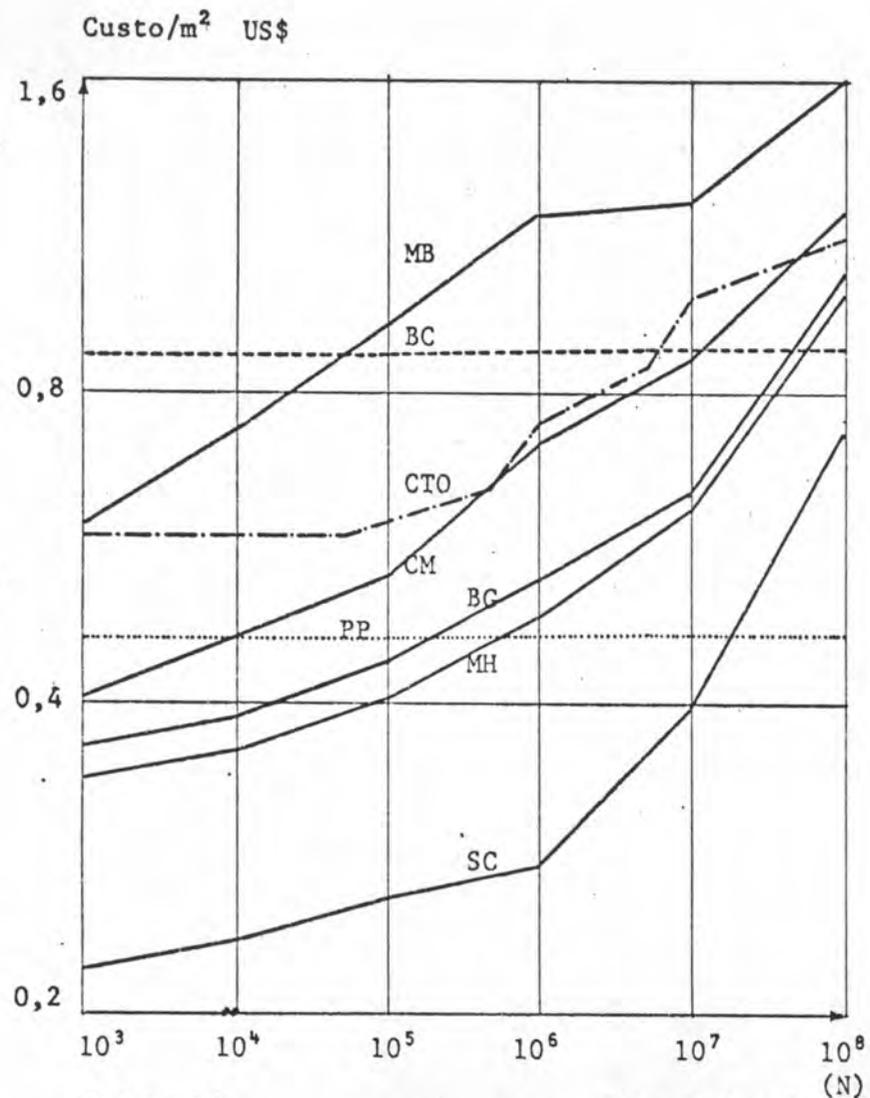


Figura 14

Variação do custo anual do pavimento/m<sup>2</sup> em função do tráfego, para diversas alternativas fixado CBR = 10

BG - Brita Graduada  
 MH - Macadame Hidráulico  
 MB - Macadame Betuminoso  
 CM - Concreto Magro

SC - Solo Cimento  
 BC - Blocos de Concreto - B  
 PP - Paralelepípedo - //  
 CTO - Concreto

(N) = Número equivalente de operações do eixo padrão

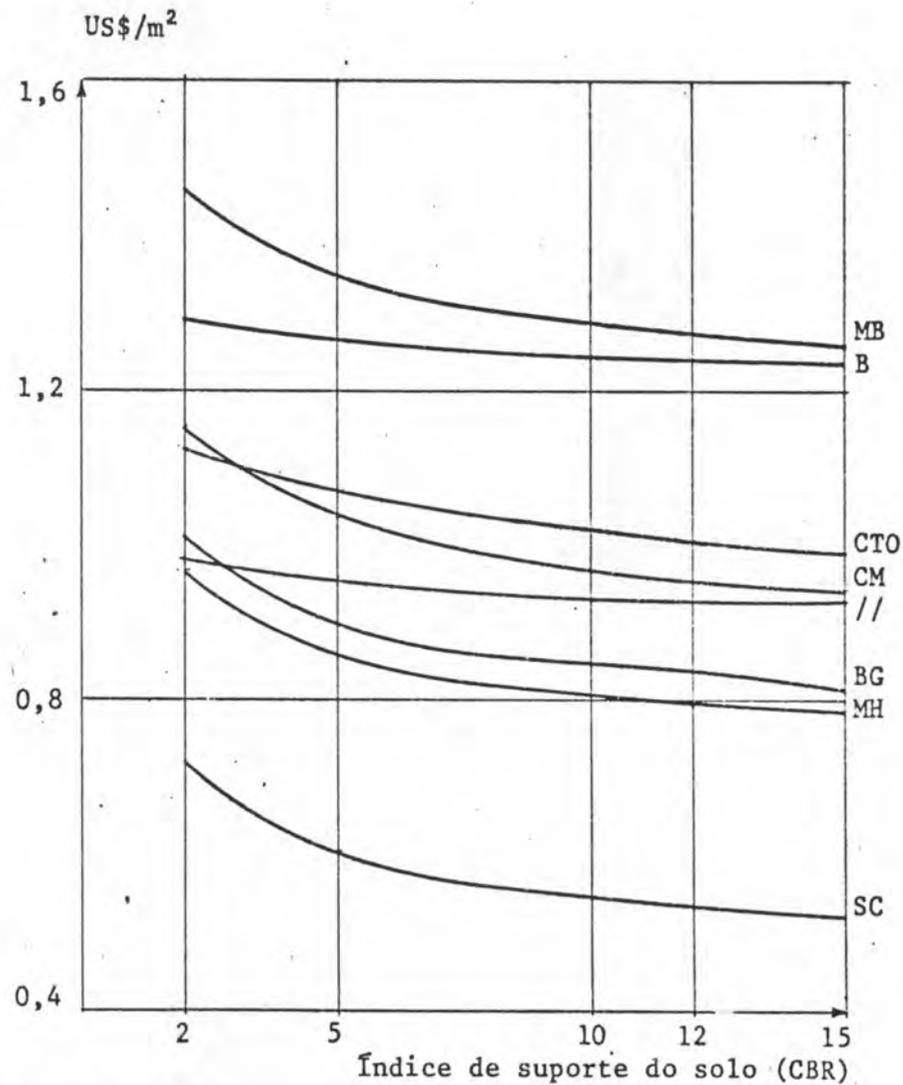


Figura 15

Custo anual/m<sup>2</sup> de construção do pavimento em f(tipo de solo), fixado N = 10<sup>5</sup>

Loteamento	Esquema do traçado	Área total da Gleba (m <sup>2</sup> )	Área do sistema viário (m <sup>2</sup> )	S.V. (%)	vias de circulação						Área Média dos lotes (m <sup>2</sup> )	Número de Lotes	Área Residencial (m <sup>2</sup> )	A.R. (%)	Lotes/ha
					Locais sem saída (cul-de-sac)		Locais com saída e coletoras		Total						
					A.P.	A.P.	A.P.	A.P.	A.P.	A.P.					
					(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(%)	(m <sup>2</sup> )	(%)					
Jardim Marília		340.928	80.998	23,7	5.340	1,6	44.499	13,0	49.839	14,6	273	747	203.931	59,8	21,9
Jardim Eliane		379.930	94.244	24,8	-	-	57.689	15,2	57.689	15,2	291	779	226.689	59,7	20,5
Jardim Cidade Pirituba		417.292	105.887	25,4	7.110	1,7	58.816	14,1	65.926	15,8	278	821	228.238	54,7	19,7
Parque Cecap Caçapava		151.290	32.476	21,5	12.824	8,4	6.650	4,4	19.474	12,8	152	429	65.208	43,1	28,4
Parque Savoy City		166.400	37.350	22,4	-	-	25.980	15,6	25.980	15,6	312	347	108.264	65,0	20,8
Parque Cecap Rio Claro		302.200	63.248	20,9	23.306	7,4	16.824	5,6	39.130	13,0	165	923	152.295	50,4	30,5
Parque Cecap S. J. do Rio Preto		484.000	11.320	23,4	-	-	-	-	76.316	15,8	202	1.008	203.616	42,1	20,8

Tabela I - Estimativa de parâmetros em alguns loteamentos

(%) A.P. - Porcentagem de Área Pavimentada  
 (%) S.V. - Porcentagem do Sistema Viário  
 (%) A.R. - Porcentagem de Área Residencial

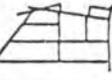
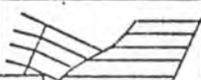
Loteamento	Esquema do traçado	Área Total da Gleba (m <sup>2</sup> )	Área do sistema viário (m <sup>2</sup> )	S.V. (%)	vias de circulação						Área Média dos Lotes (m <sup>2</sup> )	Número de Lotes	Área Residencial (m <sup>2</sup> )	A.R. (%)	Lotes/ha
					Locais sem saída (cul-de-sac)		Locais com saída e coletoras		Total						
					A.P. (%)	A.P. (%)	A.P. (m <sup>2</sup> )	A.P. (%)	A.P. (m <sup>2</sup> )	A.P. (%)					
Jardim Santa Filomena		53.604	13.506	25,2	-	-	9.700	18,1	9.700	18,1	277	104	28.808	53,7	19,4
Jardim Nambá		60.400	15.500	25,7	-	-	10.300	17,0	10.300	17,0	265	143	37.895	62,7	23,7
Jardim Piquerobi		92.892	22.340	24,0	-	-	14.510	15,6	14.510	15,6	264	179	47.256	50,9	19,3
Jardim Celso Alves de Lima		103.714	28.144	27,1	2.300	2,2	17.400	16,8	19.700	19,0	260	245	63.700	61,4	23,6
Jardim Iva		217.700	53.250	24,5	-	-	35.680	16,4	35.680	16,4	269	411	110.559	50,7	18,9
Lar São Paulo		247.208	66.460	26,9	-	-	40.500	16,4	40.500	16,4	330	448	147.840	59,8	18,1
Jardim Mirim		252.418	68.732	27,2	-	-	34.200	13,5	34.200	13,5	270	426	115.020	45,6	16,9

Tabela I - Estimativa de parâmetros em alguns loteamentos (continuação)

(%) A.P. - Porcentagem de Área Pavimentada  
 (%) S.V. - Porcentagem do Sistema Viário  
 (%) A.P. - Porcentagem de Área Residencial

Quota de pavimento/habitação

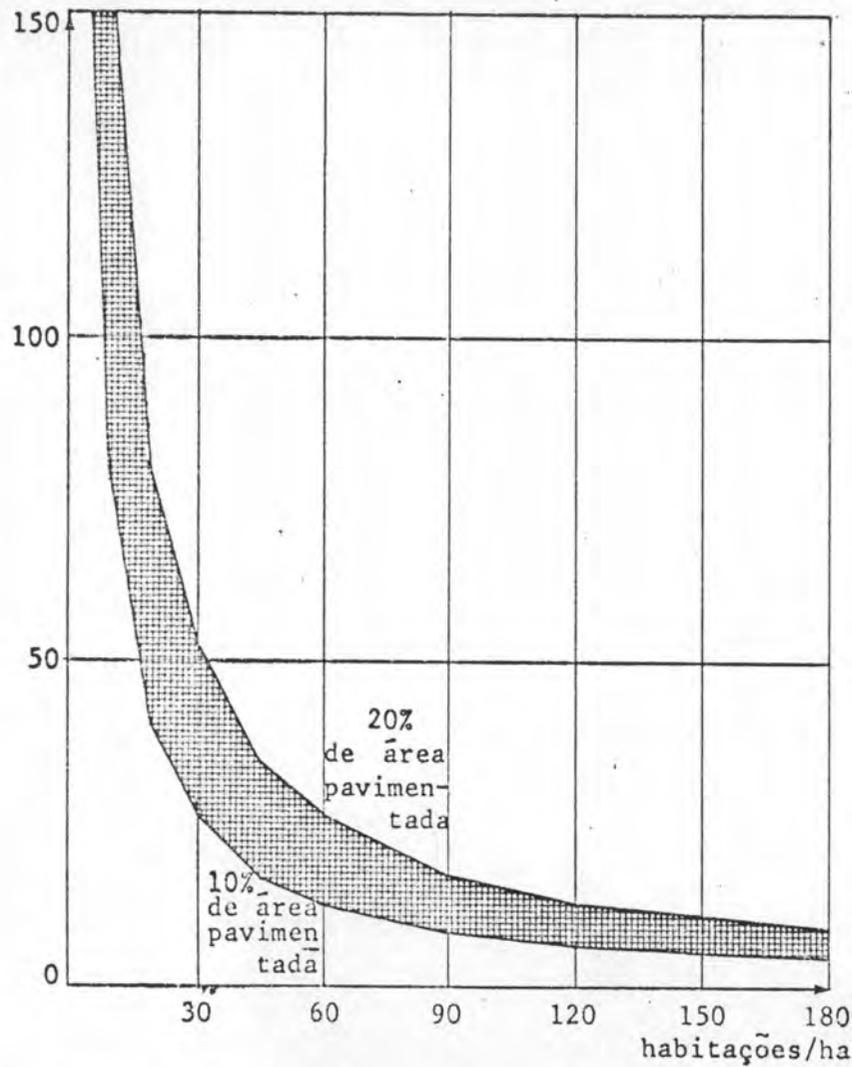


Figura 16

Variação da quota de pavimento/habitação, em função da densidade para diferentes percentagens de área pavimentada.

Custo/habitação US\$

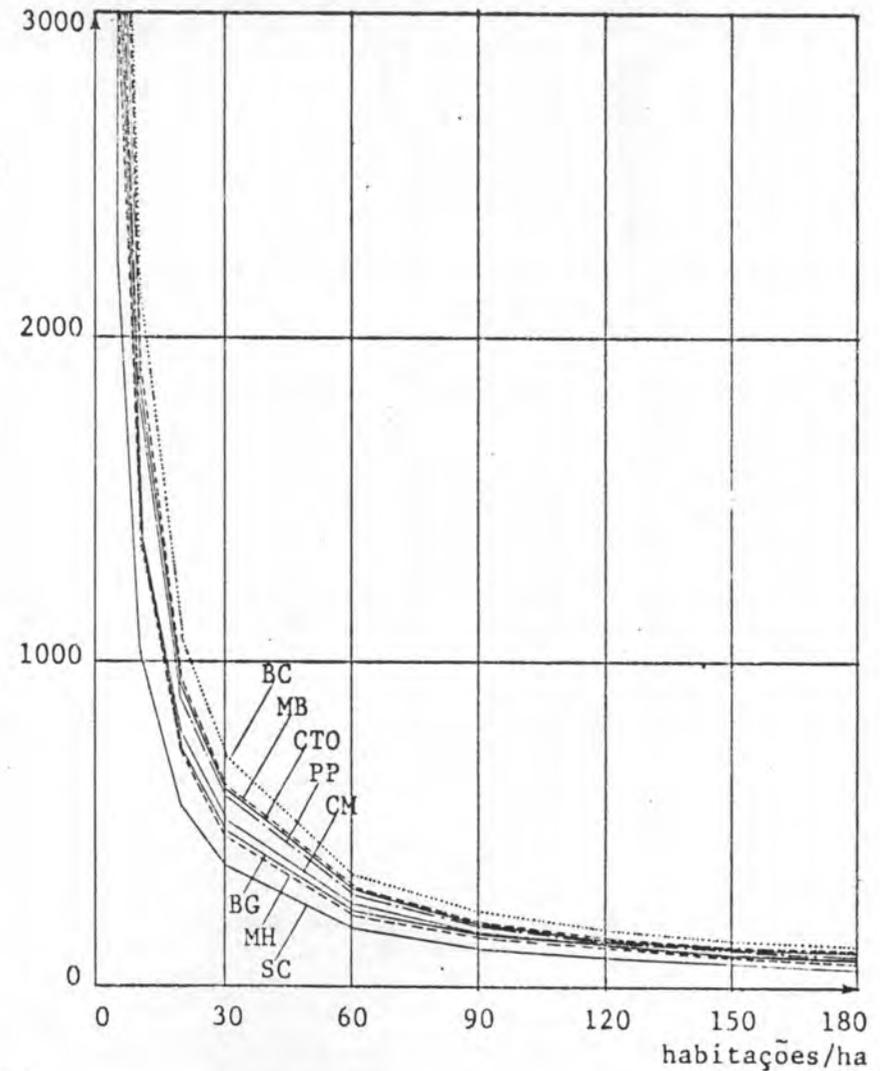


Figura 17

Variação do custo de construção do pavimento/habitação (incluindo guias e sarjetas), em função da densidade bruta, para diversas alternativas.

Fixados CBR = 10 área pavimentada = 15%  $N = 10^5$

- SC - Solo Cimento
- BC - Blocos de Concreto
- PP - Paralelepípedo
- CTO - Concreto
- BG - Brita Graduada
- MH - Macadame Hidráulico
- MB - Macadame Betuminoso
- CM - Concreto Magro

## V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES OBTIDAS

- de forma geral, pode-se afirmar que os custos totais anuais dos diferentes tipos de pavimentos variam pouco perante diferentes condições de solo e de tráfego;
- os pavimentos flexíveis e semi-flexíveis tipo 1 apresentam maiores variações nos seus custos que os rígidos e semi-flexíveis tipo 2 perante diferentes condições de solo e tráfego;
- os pavimentos rígidos aparecem como antieconômicos para tráfego leve e médio e vice-versa para tráfego pesado;
- os pavimentos de solo-cimento com um revestimento adequado ao tipo de tráfego são uma boa solução técnico-econômica quando o solo da região permite o uso deste material;
- para tráfego pesado e levando em consideração os custos totais anuais, o pavimento constituído de paralelepípedos é uma solução não só boa como também mais econômica que a de solo-cimento; como no caso anterior, depende de condições locais para ser usada (existência de granito nas proximidades da cidade);
- a densidade habitacional é o parâmetro que mais influencia nas variações do custo dos pavimentos, portanto, a variável mais importante dentre as analisadas.

S I S T E M A S   U R B A N O S   D E  
D R E N A G E M   D E   Á G U A S   P L U V I A I S

## SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

### INTRODUÇÃO

O trabalho, referente ao sistema de drenagem de águas pluviais, tem como objetivo primordial a ser atingido, o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para sua implantação, e a determinação da importância e a forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Será dado destaque às variações que possam incidir de forma mais significativa naqueles custos, bem como aqueles que são manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais, quando da apresentação de soluções para as cidades de porte médio, para bairros projetados e agregados a cidades maiores.

### I. GENERALIDADES

- 1.1. Finalidade da rede - coletar, transportar e dar destino final à água da chuva, evitando-se o transtorno do tráfego de veículos e pedestres além dos danos materiais e problemas sanitários (surgimento de águas estagnadas e o acúmulo de lixo).
- 1.2. Necessidade de implantação - está baseada num diagnóstico da situação atual e num prognóstico feito com base nos dados históricos de crescimento econômico, social e urbano.

### II. ÓRGÃOS CONSTITUINTES DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de drenagem constitui-se de duas partes básicas:

- As ruas com pavimento incluindo as guias. Este conjunto tem uma capacidade de vazão, que quando superada provoca a necessidade de adoção de um segundo sistema.

- A rede de tubulações e seus sistemas de captação, bocas de lobo, câmaras e condutos de ligação completam assim o sistema quando o volume de água afluentes às ruas não pode ser evacuado por ela.

Na figura 1 são esquematizados os elementos básicos que constituem um sistema de drenagem, que se passa a descrever.

### 2.1. Guias

Elementos utilizados entre o passeio e o leito carroçável, dispostos paralelamente ao eixo da via, constituídas normalmente de concreto pré-moldados ou pedra e que formam um conjunto com as sarjetas - Fig. 2.

### 2.2. Sarjetas

São faixas do leito carroçável dispostas junto as guias, normalmente constituídas de concreto (moldado "in loco"). Forma, com as guias, canais cuja finalidade básica consiste em receber e dirigir as águas pluviais.

A capacidade do conjunto guia sarjeta está associada a sua declividade longitudinal e transversal, rugosidade e outros detalhes executivos.

### 2.3. SARJETÕES

Trata-se de "calhas" utilizadas nos cruzamentos de vias públicas, que dirigem o fluxo de água na travessia de ruas transversais: acrescido muitas vezes dos chamados "pés de galinha" quando da captação de fluxos perpendiculares. Fig.2.

Os órgãos do sistema de drenagem citados até o momento constituem-se em partes comuns à rede de pavimentação, tornando, portanto, inócuas tentativas de definição de um limite fixo entre tais redes, uma vez que são complementares.

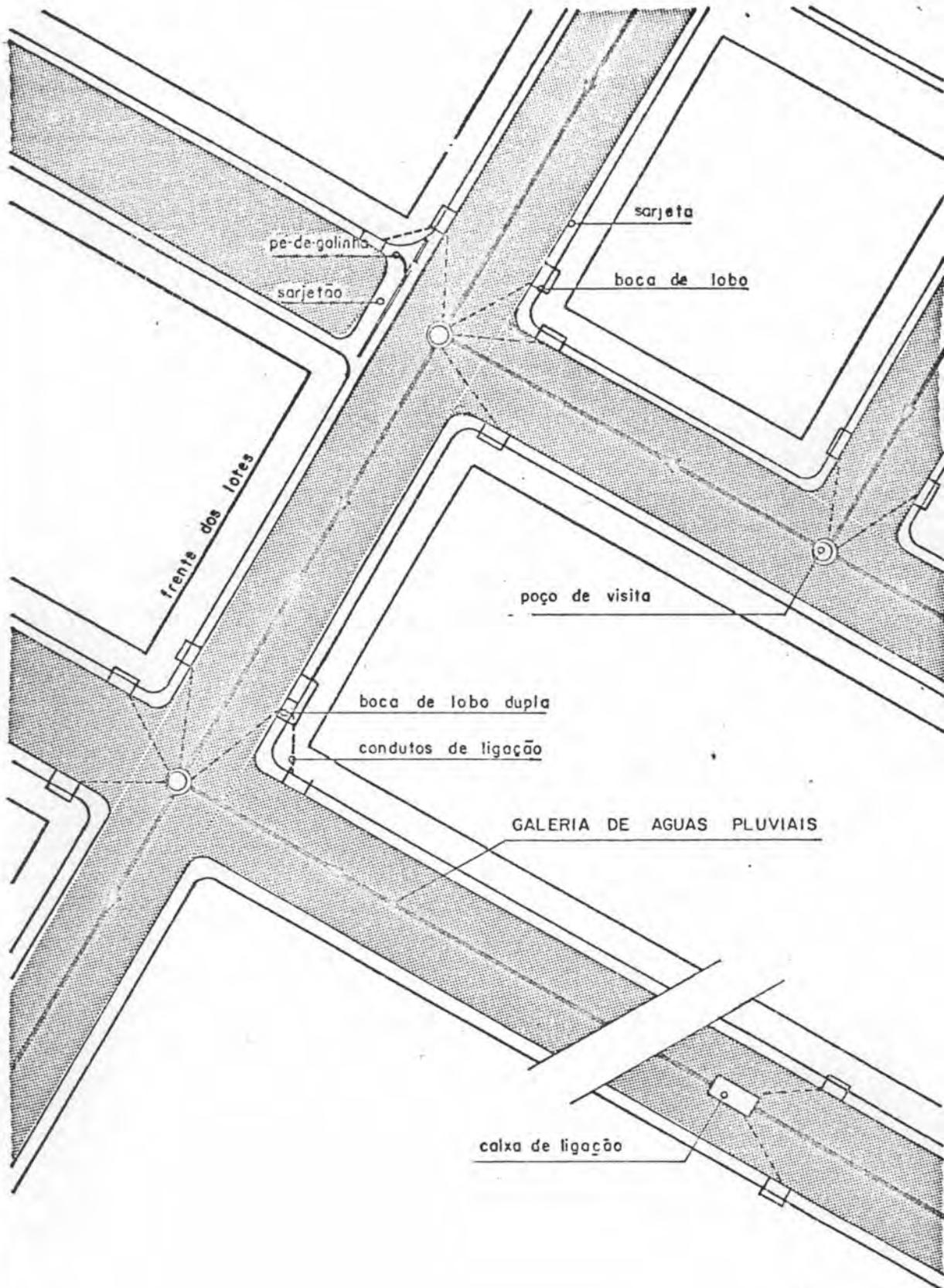


Figura 1  
Esquema da rede de drenagem de águas pluviais

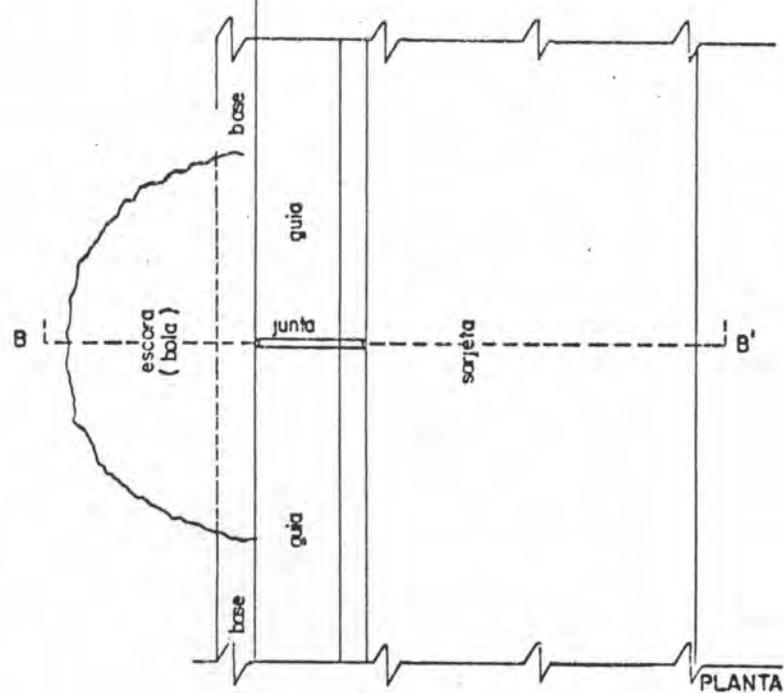
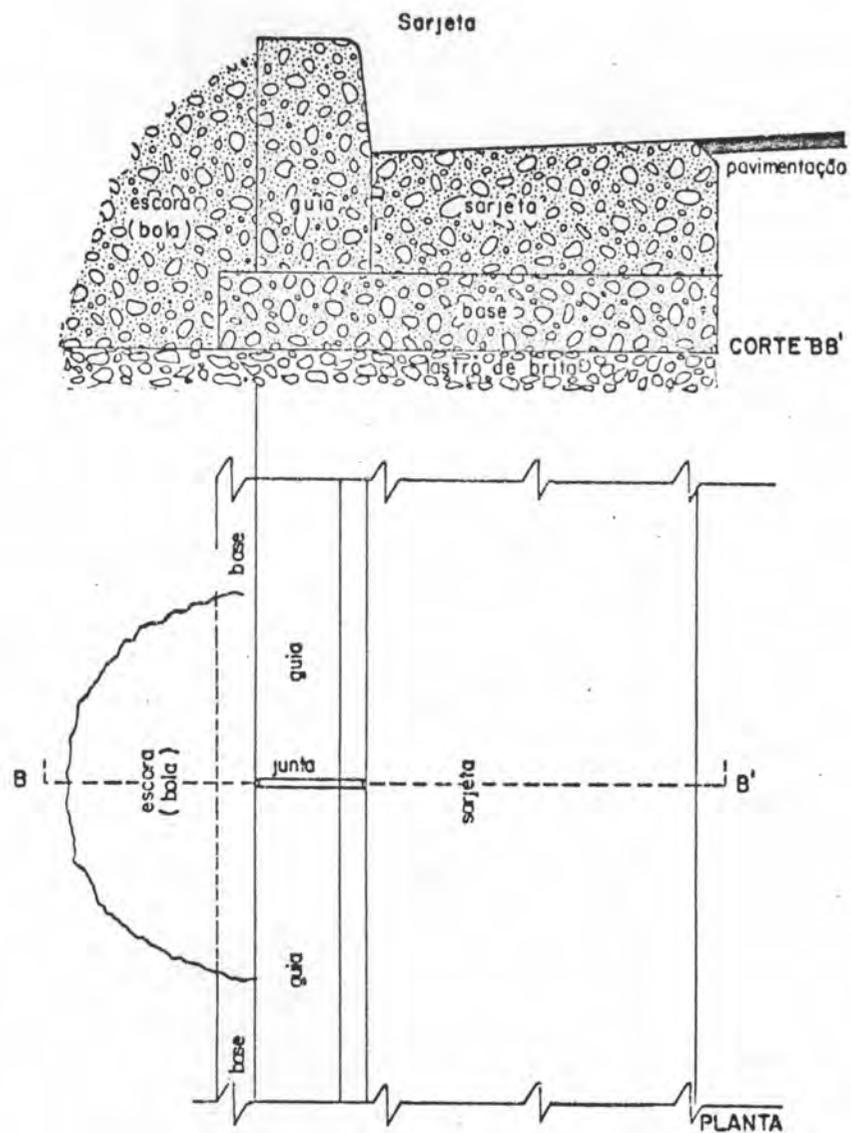
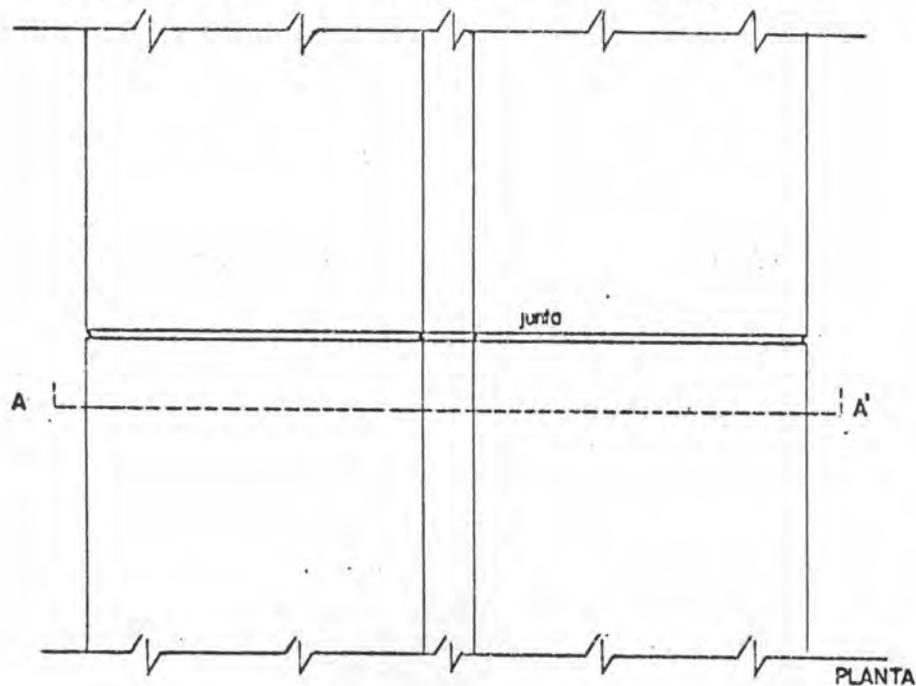
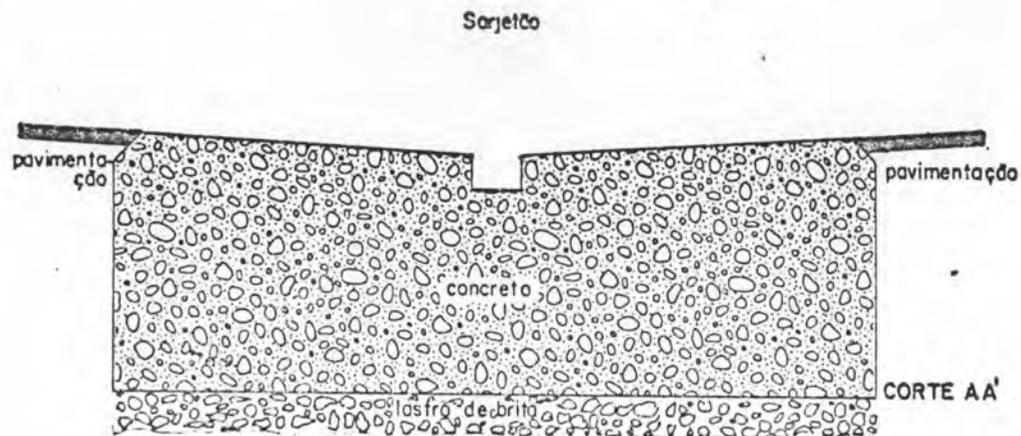


Figura 2  
Guia, Sarjeta, Sarjetão

#### 2.4. Bocas de Lobo

São dispositivos comumente dispostos ao longo das sarjetas, cuja finalidade é a de captar as águas pluviais em escoamento superficial e encaminhá-las para o interior das Galerias. Normalmente, são localizadas nos cruzamentos à montante, antes da faixa de pedestres ou em pontos intermediários, quando a capacidade dos conjuntos guia-sarjeta é superada.

Não é recomendável sua localização em ponto de mudança de direção da sarjeta (perto do cruzamento) uma vez que:

- Os pedestres estariam sujeitos a vazão máxima, quando atravessassem a via pública.
- Não é a posição mais adequada para a máxima ação da capacidade da boca de lobo, e
- Dificulta a execução da pavimentação.

O espaçamento entre pares de boca de lobo (um de cada lado da via) depende das condições locais: inclinação, chuva crítica, dentre outros. Em média, um par de boca de lobo atende de 300 a 800 m<sup>2</sup> de via, o que para nossas dimensões de quadra leva a um espaçamento entre 40 a 60 m.

##### Tipos:

- captação vertical - localiza-se em cota inferior à sarjeta; encontra-se em desuso pois para seu bom funcionamento exige ruas pavimentadas e limpas.
- captação lateral - em cota inferior à sarjeta; (máximo 15 cm) (fig. 3).
- captação vertical e horizontal - maior eficiência devido a entrada lateral. (fig. 4).

#### 2.5. Conduto de Ligação

São condutos que captam as águas em uma boca de lobo e as conduzem a uma caixa de ligação, a um poço de visita, ou ainda a outra boca de lobo. Devem ser retilíneos e seguir o traçado mais econômico.

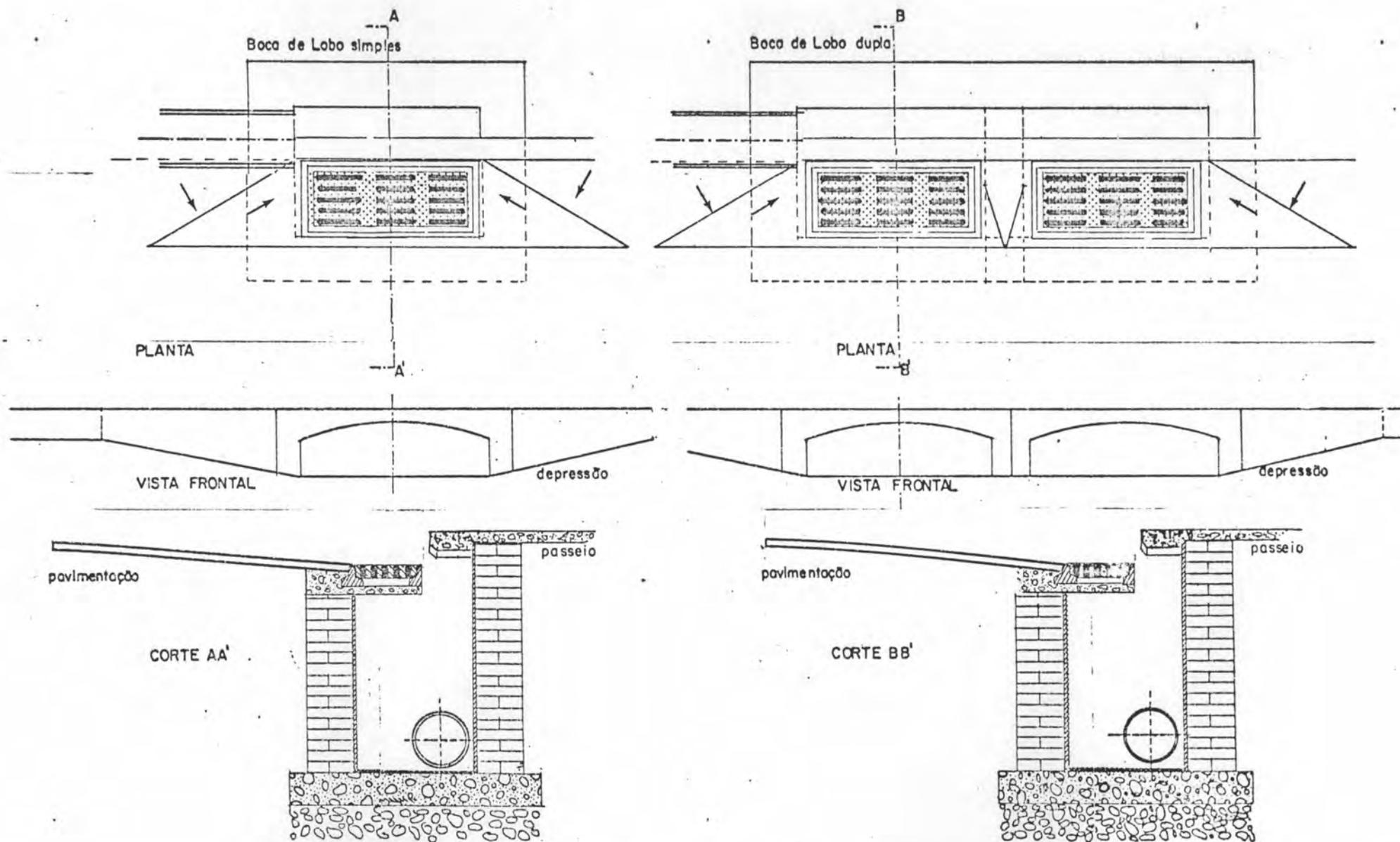


Figura 4  
Boca-de-lobo com grade entrada lateral (simples e dupla)

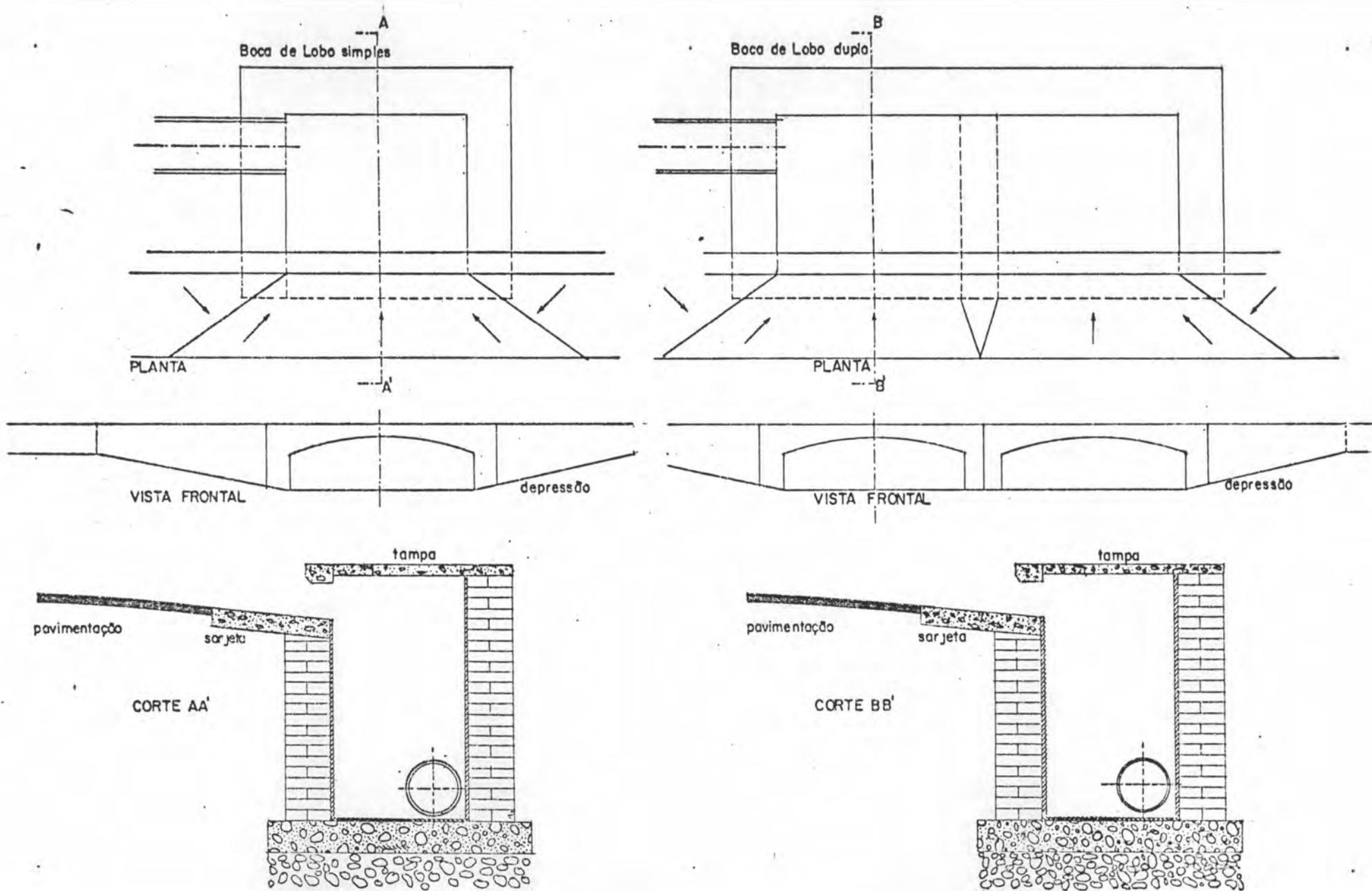


Figura 3  
Boca-de-lobo com entrada lateral (simples e dupla)

## 2.6. Caixa de Ligação

São caixas sem entrada para limpeza e cuja função consiste em unir os condutos de ligação a galeria, ou ainda conectar entre si condutos de ligação para reuni-los em um único conduto.

Podem ser executados em concreto ou alvenaria, possuindo normalmente, secção quadrada (1,00 x 1,00 m. ou 1,40 x 1,40 m.)

## 2.7. Poços de Visita

São elementos do sistema de drenagem que possibilitam o acesso aos condutos para inspeção e limpeza, equivalem ainda a caixa de ligação em relação aos ramais secundários. Fig.5.

As paredes são executadas em geral de tijolos ou concreto.

## 2.8. Galerias

As galerias localizam-se no eixo da rua ou sob uma linha a um terço da largura da rua. O recobrimento mínimo para estas tubulações será de 1 m., sendo necessário seu dimensionamento estrutural para tais profundidades.

As galerias de secção circular são em geral as mais utilizadas, seus diâmetros comerciais são:

0,40, 0,50, 0,60, 0,70, 0,80, 0,90, 1,00, 1,20, 150 m.

Para diâmetros maiores que 1,50, utilizam-se galerias moldadas "in loco" com diferentes secções.

## III. CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DOS MODELOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

A evolução da rede de drenagem de águas pluviais de

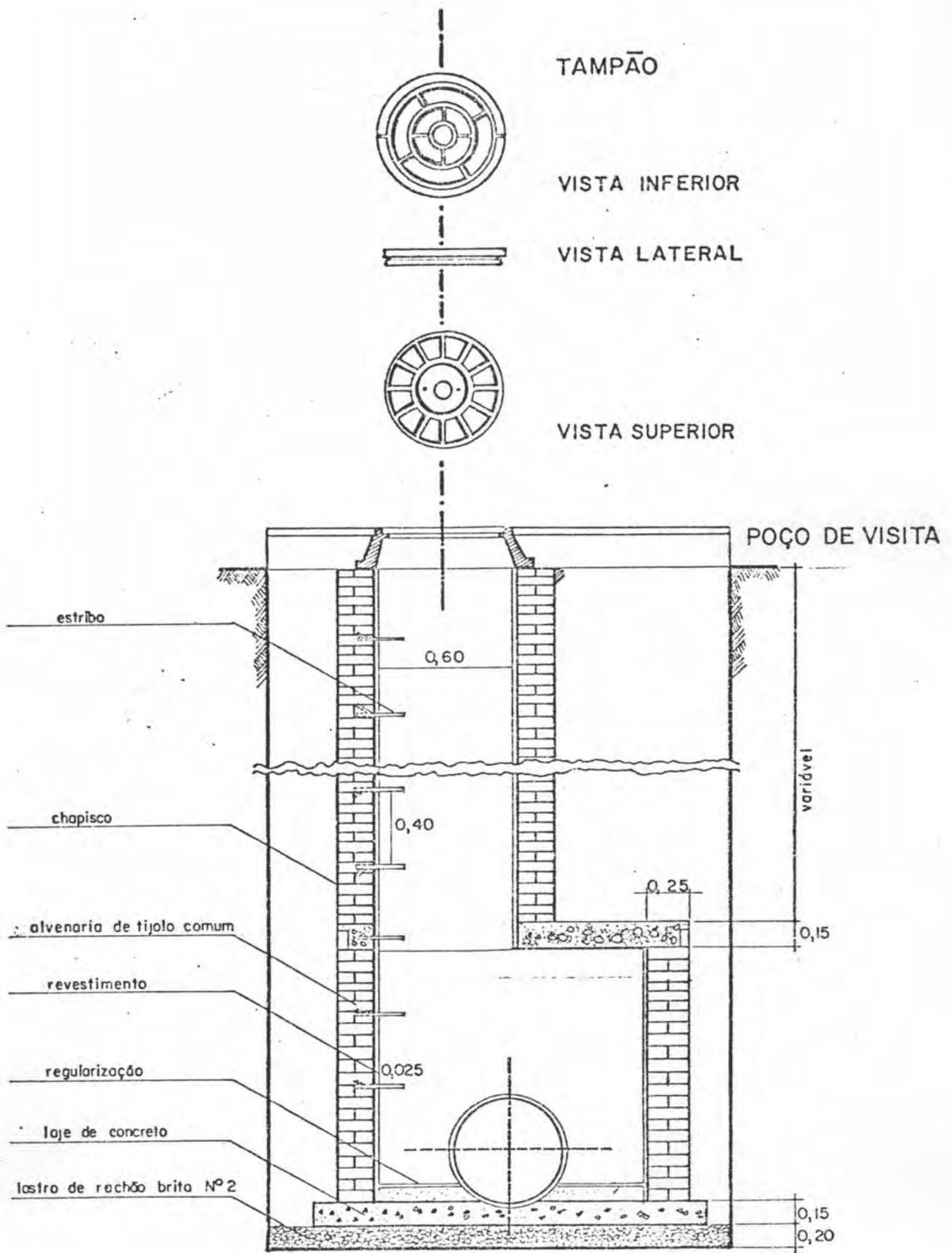


Figura 5  
Poço de visita com tampão

uma cidade está associada, como se sabe, às características da estrutura urbana existente e de seu desenvolvimento futuro.

Dentre os parâmetros que caracterizam tal estrutura identificou-se cinco que afetam de forma mais significativa os custos de implantação e manutenção da rede (a seguir).

Os custos desta rede de acordo com as suas variáveis foram analisados através de modelos que possibilitassem abranger de forma muito ampla as situações particulares das cidades de Porte Médio do Estado de São Paulo.

### 3.1. Definição dos Modelos

Cinco são as variáveis básicas: tipo de traçado, tamanho das quadras, área e forma da bacia urbana e topografia (inclinação do terreno).

Buscou-se quantificar os incrementos de custos com o alongamento da bacia dentro das relações largura: comprimento 1:2, 1:3 e 1:4, a medida que variações nas formas das quadras ou no tipo de traçado não teriam influência significativa nos custos finais da rede.

## IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS RESULTANTES DO CÁLCULO DOS MODELOS

Efetou-se o cálculo hidráulico dos modelos segundo as diretrizes dos capítulos III e IV e a partir daí pode-se determinar as tubulações em traçado, comprimento, diâmetro e profundidade média e ainda índices característicos tais como: metros de tubulação por unidade de área drenada, comprimento de galeria em relação ao comprimento de ruas, isso para cada um dos modelos estudados. O cálculo determina também a quantidade de bocas de lobo, de poços de visita e suas posições em função da variação da inclinação ou entroncamento de tubulações. Os resultados desses cálculos são apresentados na Tabela X do trabalho: "Custos de Infraestrutura nas Cidades de Porte Médio", do grupo de Pesquisa da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP, pág. 47 a 53.

## V. SISTEMAS CONSTRUTIVOS E CUSTOS DAS REDES DE DRENAGEM

Para definir-se os custos de cada uma das variantes estudadas (Modelos), foi necessário não só determinar a quantidade a executar de cada parte mencionada no ítem IV, mas também definir os sistemas construtivos, que provavelmente seriam empregados, em casos concretos para execução de cada uma dessas partes, assim como seus preços unitários correspondentes.

Os serviços necessários para a execução das obras de cada um dos modelos, considerados nos orçamentos foram os seguintes:

- galeria propriamente dita
- poços de visita
- bocas de lobo
- condutos de ligação.

Uma vez que levantadas as quantidades de tais serviços, foram elaboradas Tabelas de Preços com base na Tabela de Preços Unitários de Obras Novas da Prefeitura do Município de São Paulo e nas tabelas de preços fornecidas pelos principais fabricantes.

Teve-se como norma a utilização de valores de preços referentes a janeiro de 1977, nos quais se inclui encargos sociais, e custos indiretos.

Os custos apresentados nos gráficos e tabelas foram convertidos em dólares USA conforme cotização de janeiro de 1977, no valor de Cr\$ 12,55.

### 5.1. Tubulação (Pré-Fabricada)

Para cada tipo de tubulação foi estimado por metro linear instalado. Para tal, considerou-se os seguintes serviços:

- Escavação para aberturas de valas
- Escoramento
- Execução de Lastro de concreto

- Fornecimento e assentamento de tubulação
- Reenchimento e Compactação das Valas
- Remoção do Volume de terra excedente.

#### 5.1.1. Escavação

Remoção de qualquer material abaixo do terreno natural. Inclui a carga, transporte e descarga do material. Adotou-se Vala Retangular, cuja largura é função do diâmetro do tubo, cota de corte e do tipo de escoramento e sua profundidade função do diâmetro e recobrimento do tubo.

#### 5.1.2. Escoramento

Neste trabalho foram incluídos os custos do metro linear instalado em função do tipo de escoramento (descontínuo, contínuo ou especial) que por sua vez depende da profundidade da escavação. Normalmente feito em madeira.

#### 5.1.3. Assentamento de tubulação

Tipos: simples, com lastro, laje e berço.

No cômputo do custo por metro linear instalado, considerou-se assentamento com lastro, por representar não só uma situação média em termos de custo, para obras do gênero, senão também a mais frequente.

Foram incluídos nos custos o rejuntamento com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3 em volume, além dos testes de fumaça para cada conjunto de juntas.

#### 5.1.4. Reenchimento e compactação das valas

Preenchimento do espaço entre as paredes de valas e a superfície extrema do tubo até 0,50 m acima da sua geratriz superior.

Para evitar complicações de cálculo, inexpressivas nos resultados finais na avaliação de custos, adotou-se, no presente trabalho, um preço fixo por metro cúbico. O volume de reenchimento por sua vez foi estimado descontando-se, em cada caso, do volume da vala aqueles correspondentes ao do tubo escolhido e do lastro.

#### 5.1.5. Remoção do volume excedente

Depois do aterro das valas, o volume excedente deve rá ser transportado para local apropriado, seu custo por metro cúbico inclui os serviços de limpeza da via pública, quando da finalização das obras.

#### 5.1.6. Tubulação de serviços necessários para as diferentes condições

Com as informações fornecidas anteriormente, pode-se determinar, portanto, os seguintes serviços necessários para a instalação de um metro linear de tubulação segundo os diferentes diâmetros e a profundidade de recobrimento. Para tanto consulte as tabelas 13 e 14 do trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura em Cidades de Porte Médio", do grupo de Economia e Racionalização da Construção, pags. 66 e 67.

#### 5.1.7. Preços e orçamentos unitários das galerias

Com base na relação de serviços necessários para a instalação das tubulações aplicou-se os preços unitários, fornecidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo para obras novas, obtendo-se, portanto, os preços de tais serviços e o custo total do metro linear de tubulação pré-fabricada para diferentes diâmetros e para recobrimentos de 1 e 2 metros, respectivamente.

Nos modelos, as profundidades são variáveis e compreendidas entre estes dois limites, pelo o que se procedeu a obtenção de custos, por metro linear de tubulação instalada para recobrimentos variável de 0,10 em 0,10m., e para cada diâmetro comercial possível.

Desta forma chegou-se a tabela I onde para cada recobrimento (entre 1,0 e 2,0 metros) e para cada diâmetro (entre 300 e 1500 mm.) são apresentados os custos totais por metro linear de tubulação pré-fabricada instalada; tabela que abreviará substancialmente os cálculos posteriores de custos.

A figura 6 mostra em porcentagem as incidências do

DIÂMETRO RECOBRIMENTO (mm) (m)	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200	1.500
1,00	182,87	406,29	548,07	771,05	877,93	1.018,32	1.183,04	1.529,97	1.857,97	2.056,29	3.226,92
1,10	227,27	439,85	581,64	805,85	914,01	1.055,65	1.221,52	1.593,53	1.923,62	2.124,05	3.301,12
1,20	271,67	473,40	615,20	840,65	950,09	1.092,98	1.260,01	1.657,09	1.989,27	2.191,80	3.375,32
1,30	316,07	506,96	648,77	875,45	986,17	1.130,31	1.298,49	1.720,65	2.054,91	2.259,56	3.449,52
1,40	360,47	540,51	682,33	910,25	1.022,25	1.167,64	1.336,97	1.784,21	2.120,56	2.327,31	3.523,72
1,50	404,87	574,07	715,90	945,06	1.058,33	1.204,98	1.375,46	1.847,77	2.186,21	2.395,07	3.597,92
1,60	449,27	607,62	749,47	978,86	1.094,40	1.242,31	1.413,94	1.911,33	2.251,86	2.462,83	3.672,12
1,70	493,67	641,18	783,03	1.014,66	1.130,48	1.279,64	1.452,42	1.974,89	2.317,51	2.530,58	3.746,32
1,80	538,07	674,73	816,60	1.049,46	1.166,56	1.316,97	1.490,90	2.038,45	2.383,15	2.598,34	3.820,52
1,90	582,47	708,29	850,16	1.084,26	1.202,64	1.354,30	1.529,39	2.102,01	2.448,80	2.666,09	3.894,72
2,00	626,87	741,84	883,73	1.119,06	1.238,72	1.391,63	1.567,87	2.165,57	2.514,45	2.733,85	3.968,92

Tabela I - Custo total do metro linear de tubulação prefabricada instalada; para diferentes diâmetros e diversos recobrimetos

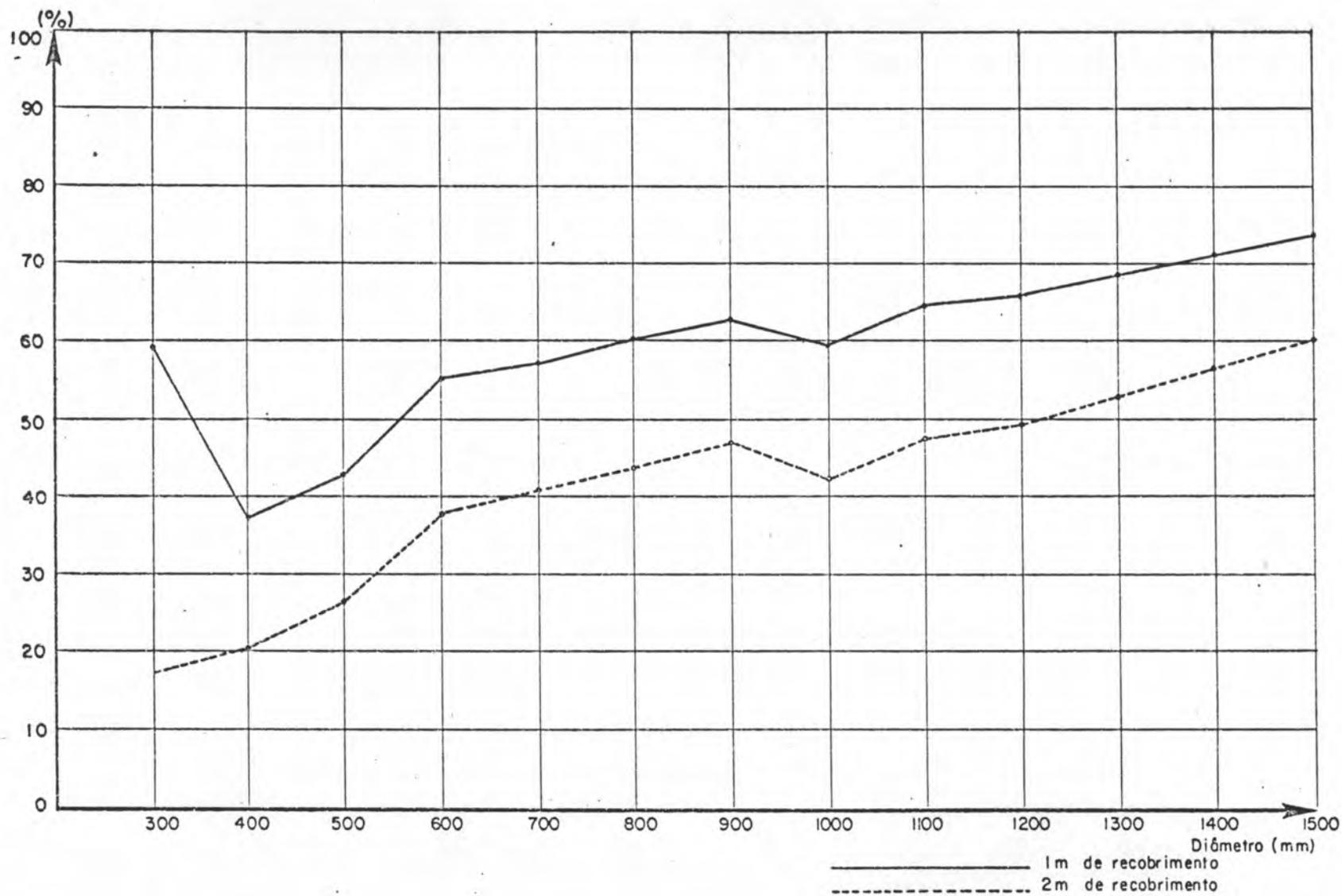


Figura 6

Porcentagem de incidência do tubo assentado no custo do metro linear de tubulação instalada

pré-fabricação no custo do metro linear de tubulação já instalada, ou seja, com todos os serviços necessários de escavação, escomentamento, execução de lastro, fornecimento e assentamento de tubos, reenchimento e compactação de valas, e remoção de volume de terra excedente. A figura apresenta a evolução da incidência nos custos nos dois limites de profundidade estudados. Sem considerar a variação de custo que se observa para 300 m. (é um caso particular), estas oscilam entre o máximo de 17% e um mínimo de 14%, o que mostra pouca incidência de tal parâmetro (profundidade) dentro dos limites fixados e que justificam a interpolação linear adotada.

### 5.2. Galerias Moldadas "in loco"

Nos casos que as vazões a escoar exigem diâmetros maiores que 1.500 mm, torna-se obrigatória em casos normais, a adoção de galerias construídas no local; uma das mais modernas é a que se conhece como "forma pneumática", que será aqui considerada.

Para executar este tipo de galeria além dos serviços já mencionados, são necessários todos os trabalhos complementares explicados no ítem 5.1. "Tubulação propriamente dita (pré-fabricada)" e não serão aqui repetidas, mas sim incluídos nos custos deste tipo de galeria.

Foram formulados uma série de custos em função da atividade para construção desse tipo de galeria para os quais aplicou-se os preços unitários. Chegou-se, portanto, aos custos dos diversos serviços necessários à execução deste tipo de galeria, assim como os totais por metro linear para diâmetros internos compreendidos entre 1200 e 220 mm., o que pode ser visto na tabela II.

### 5.3. Comparação de Custos entre Tubos Pré-fabricados e Galerias Moldadas "in Loco"

A superposição dos diâmetros calculados com cada um dos sistemas mostram na figura 7 que as galerias são sensivelmente mais caras que as tubulações pré-fabricadas de mesmo diâ

DIÂMETRO SERVIÇO (mm)		1.200	1.400	1.500	1.600	1.800	2.000	2.200
ESCAVAÇÃO	r	343,94	392,50	522,48	555,33	624,03	696,73	773,43
	s	582,95	635,63	690,48	728,33	807,03	1067,68	1171,72
ESCORAMENTO	r	578,86	620,06	640,66	661,26	702,46	743,66	784,86
	s	784,86	826,06	846,66	867,26	908,46	949,66	990,86
LASTRO		120,72	128,61	132,55	136,50	144,39	152,28	160,17
FORMAS DE MADEIRA		282,20	316,20	333,20	350,20	384,20	418,20	452,20
FORMA PNEUMÁTICA		278,97	325,47	348,72	371,96	418,46	464,96	511,45
CONCRETO		1029,19	1400,84	1608,10	1829,66	2315,67	2858,85	2459,21
FERRAGEM		237,50	323,27	371,10	422,23	534,38	659,73	798,28
JUNTAS FUGENBAND		24,96	28,53	30,31	32,10	35,67	39,24	42,81
REATERRO	r	94,64	103,75	108,36	113,00	122,37	131,86	141,47
	s	146,03	158,51	164,80	171,13	183,85	916,71	209,68
TOTAL	r	2990,98	3639,23	4095,48	4472,24	5281,63	6165,63	7123,88
	s	3487,38	4161,12	4525,92	4909,37	5732,11	6807,31	7796,38

Tabela II - Custo por metro linear de galeria moldada "in loco" tipo pneumática para diferentes diâmetros e recobrimento

Nota: (r) : Custo do serviço e total correspondente para um metro de recobrimento  
(s) : Custo do serviço e total correspondente para dois metros de recobrimento

metro. Na figura pode-se observar que o aumento de custo oscila de 15% para as galerias com recobrimento de 2m e 1500 de diâmetro até 50% para galerias de 1 m. de recobrimento e 1200 mm. de diâmetro; portanto não é recomendável a utilização do tipo moldado "in loco", quando houver disponibilidade de tubos pré-fabricados de mesmo diâmetro.

A maior economia da tubulação pré-fabricada não chega a justificar em nenhum caso, a adoção de duplas tubulações, quando as vazões não possam ser evacuadas com apenas uma tubulação pré-fabricada de 1500 mm. (máximo em disponibilidade no mercado) a solução mais econômica normalmente será a execução de uma galeria moldada "in loco" com diâmetro adequado.

Custo US\$

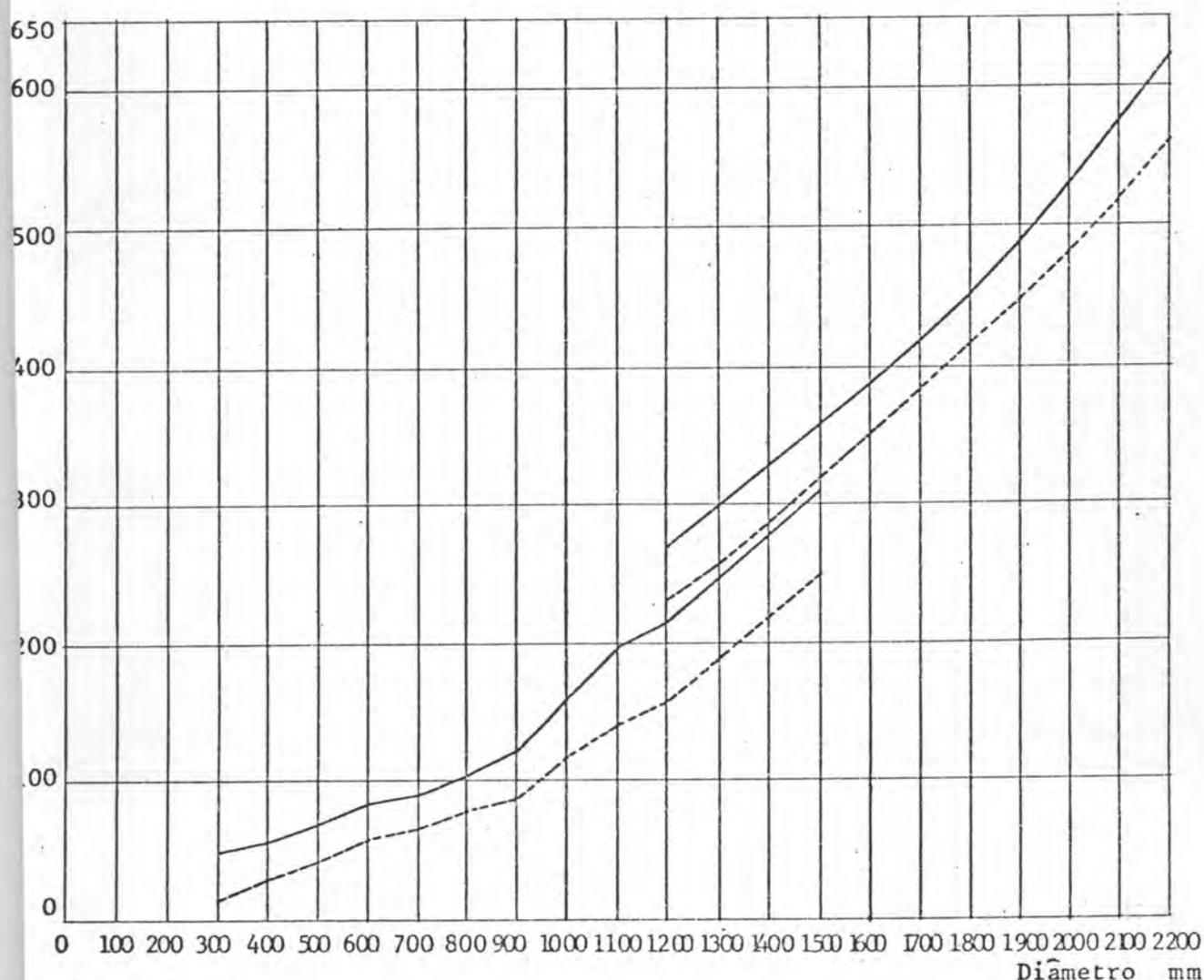


Figura 7

Variação dos custos em função dos diâmetros para tubulações pré-fabricadas e moldadas in loco para duas profundidades

Nota:

Linha em traços (-----) profundidade de 1 metro de recobrimento

linha contínua (————) profundidade de 2 metros de recobrimento

#### 5.4. Estimativa de Custos das Galerias dos Modelos Estudados

Com base nos valores obtidos no que corresponde a extensão das galerias por diâmetro segundo respectivos recobrimentos, e na aplicação dos custos por metro linear que constam nas tabelas III e IV deste capítulo, chegou-se aos custos das galerias dos modelos.

#### 5.5. Poços de Visita, Bocas de Lobo e Conduitos de Ligação

Como na rede de água já estudada os elementos que compõem a rede de drenagem da tubulação, tem incidência econômica relativamente pequena, assim não se justifica um tratamento e exaustivo a nível de detalhamento destes elementos inexpressíveis nos custos finais.

Para sua inclusão a nível econômico nesta rede, foram levantados preços globais de execução de poços de visita variáveis apenas com a altura de sua chaminé para a qual levantou-se seus preços por metro de altura.

Tratamento similar foi dado ao levantamento dos preços correspondentes às bocas de lobo. Cabe mencionar que nos modelos verificou-se a necessidade de bocas de lobo duplas ou triplas e nestes casos admitiu-se o pequeno erro (desprezível nos totais) de considerar seus custos como o duplo e triplo de uma boca de lobo simples.

Para conduitos de ligação adotou-se o diâmetro de 300m com recobrimento de 1 metro, e seu preço por metro linear estudado junto com as demais tubulações pré-fabricadas como consta na tabela III; seu recobrimento médio foi estimado em 10 m., portanto o custo de um conduto de ligação é simplesmente 10 vezes o custo do metro linear.

Estes globais aplicados às quantidades levantadas de poços de visita, alturas de suas chaminés, bocas de lobo e conduitos de ligação, permitem chegar aos custos totais desses elementos para cada um dos modelos.

MODELO	CUSTO		
	TOTAL	POR HECTARE	POR ml DE REDE INSTALADA
1	526569,50	526569,50	752,24
2	606311,10	60631,11	673,68
3	1185702,40	59285,12	846,93
4	1285188,10	64259,41	917,99
5	3200405,40	80010,14	941,30
6	3290999,70	82274,99	967,94
7	8532277,90	106653,47	1093,88
8	8840781,30	110509,77	1133,43
9	3260267,60	81506,69	1164,38
10	3479284,40	86982,11	1242,60
11	3678102,30	91952,56	1226,03
12	4078406,20	101960,16	1274,50
13	4222615,20	105565,38	1172,95
14	4635808,80	115895,22	1219,95
15	3751296,25	93782,41	857,44
16	3369033,19	84225,83	1100,09
17	3429769,55	85744,24	1016,23
18	3374973,75	84374,34	999,99
19	4704346,80	117608,67	1069,17
20	4549897,70	113747,44	1034,07
21	2533192,60	63329,82	844,40
22	2688169,00	67204,23	896,06
23	2566566,00	64164,15	916,63
24	2095538,80	52388,47	1047,77
25	2052079,70	51301,99	1140,04
26	2119091,40	52977,29	1059,55
27	1991995,88	49799,90	1245,00
28	2179297,20	54482,43	2110,72
29	2177604,78	54440,12	1361,00
30	2369169,67	59229,24	1316,21
31	3728288,60	93207,22	932,07
32	3618143,70	90453,59	904,54

Tabela III - Custos dos diversos modelos, totais, por hectare e por metro linear

### 5.6. Custos Totais dos Diferentes Modelos

Adicionando-se aos custos das galerias os custos das peças acessórias, chega-se aos custos totais das redes vistas na tabela III e que permite ainda, o cálculo dos custos por hectare e por metro linear de rede completa referentes a cada um dos modelos que constam da referida tabela.

Finalmente a partir do custo por hectare foram calculados a incidência de custos por habitação para diferentes densidades, através da hipótese de que os custos da rede de drenagem independe da concentração habitacional para áreas urbanas. A tabela IV, mostra tais valores para densidades de 15, 30, 60 e 120 habitações por hectare .

## VI. CORRELAÇÃO DOS CUSTOS DESTA REDE COM DIVERSAS VARIÁVEIS DE INTERESSE E CONCLUSÕES

Não obstante de tratar-se de uma rede estritamente dependente da pavimentação das ruas, pois esta não tem sentido sem aquela, neste capítulo se tratará a rede de drenagem isoladamente como é norma nos estudos que estão sendo desenvolvidos.

Os custos desta rede serão correlacionados com aquelas variáveis que foram detectadas como sensíveis a eles e que são: tipo de traçado da rede de drenagem, tipo de traçado das quadras (malha urbana), densidade habitacional, tamanho, forma e declividade da bacia.

A primeira variável é uma variável de engenharia, desde que para drenar uma determinada área existem várias alternativas projetuais; não se poderá dar uma norma geral, no que diz respeito a esta variável, pois o tipo de traçado que mais se adapta a cada caso dependerá, em casos concretos, de uma série de condições particulares de cada área a drenar, mas o estudo e comparação dos resultados dos modelos, simulados com diferentes tipos de traçados, nos darão algumas idéias básicas no que diz respeito a sua possível eficiência econômica

MODELO	CUSTO POR HECTARE	DENSIDADE (habitações/ha)			
		15	30	60	120
1	52856,95	3510,46	1755,23	877,62	438,81
2	60631,11	4042,07	2021,04	1010,52	505,26
3	59285,12	3952,34	1976,17	988,09	494,04
4	64259,41	4283,96	2141,98	1070,99	535,50
5	80010,14	5334,01	2667,00	1333,50	666,75
6	82274,99	5485,00	2742,50	1371,25	685,62
7	106653,47	7110,23	3555,12	1777,56	888,78
8	110509,77	7367,32	3683,66	1841,83	920,91
9	81506,69	5433,78	2716,89	1358,44	679,22
10	86982,11	5798,81	2899,40	1449,70	724,85
11	91952,56	6130,17	3065,09	1532,09	766,27
12	101960,16	6797,34	3398,67	1699,34	849,67
13	105565,38	7037,69	3518,85	1759,45	879,71
14	115895,22	7726,35	3863,17	1931,59	965,79
15	93782,41	6252,16	3126,08	1563,04	781,52
16	84225,83	5615,06	2807,53	1403,76	701,88
17	85744,24	5716,28	2858,14	1429,07	714,54
18	84374,34	5624,96	2812,48	1406,24	703,12
19	117608,67	7840,58	3920,29	1960,14	980,07
20	113747,44	7583,16	3791,58	1895,79	947,90
21	63329,82	4221,99	2110,99	1055,50	357,75
22	67204,23	4480,28	2240,14	1120,07	560,04
23	64164,15	4277,61	2138,81	1069,40	534,70
24	52388,47	3492,56	1746,28	873,14	436,57
25	51301,99	3420,13	1710,07	855,03	427,52
26	52977,29	3531,82	1765,91	882,95	441,48
27	49799,90	3319,99	1660,00	830,00	415,00
28	54482,43	3632,16	1816,08	908,04	454,02
29	54440,12	3629,34	1814,67	907,34	453,67
30	59229,24	3948,62	1974,31	987,15	493,58
31	93207,22	6213,81	3106,91	1553,45	776,73
32	90453,59	6030,24	3015,12	1507,56	753,78

Tabela IV - Custos dos sistemas por unidade de área, e por habitação por diferentes densidades

de cada um deles.

A segunda e terceira variável, tipo de traçado urbano e densidade habitacional são variáveis normalmente com possibilidades de serem manipuladas pelos planejadores e desenhadores urbanos, e levando em consideração o tipo de trabalho que estamos desenvolvendo serão as mais importantes para nós.

As três últimas variáveis estudadas tamanho, forma e declividade das bacias consistem variáveis próprias do local a estabelecer a rede, e normalmente não podem ser manipuladas nem por planejadores urbanos nem por engenheiros sanitaristas, mas o conhecimento e quantificação de suas interferências nos custos é particularmente importante para conhecer a estrutura econômica desta rede e suas possíveis variações. Uma quarta variável local que é a intensidade de chuvas e sua interferência nos custos, não foi estudada por ser óbvio seu resultado, de fato regiões com maiores intensidades pluviométricas, levarão a redes de drenagem mais custosas e vice-versa.

Em continuação analisaremos uma por uma as variáveis antes mencionadas.

### 6.1. Tipo de Traçado da Rede de Drenagem

Ao lado da figura 8 estão representados alguns tipos de traçados mostrando que existem duas alternativas básicas, com duas complementares que no fundo são combinações da primeiras.

No traçado denominado tipo A tem-se o coletor no sentido da maior dimensão da bacia e os ramais perpendiculares a ele. No tipo B, o coletor está agora no menor sentido e no sentido maior as águas são concentradas por meio de uma série de sub-coletores. Os traçados C e D são combinações dos dois primeiros.

Para estimar que tendência nos custos se tem com cada critério, foi tirada uma média agrupando todos os A, os B, os C e os D com resultados que se indica na figura 8, onde pode-se observar que os critérios simples, particularmente em A, têm ten

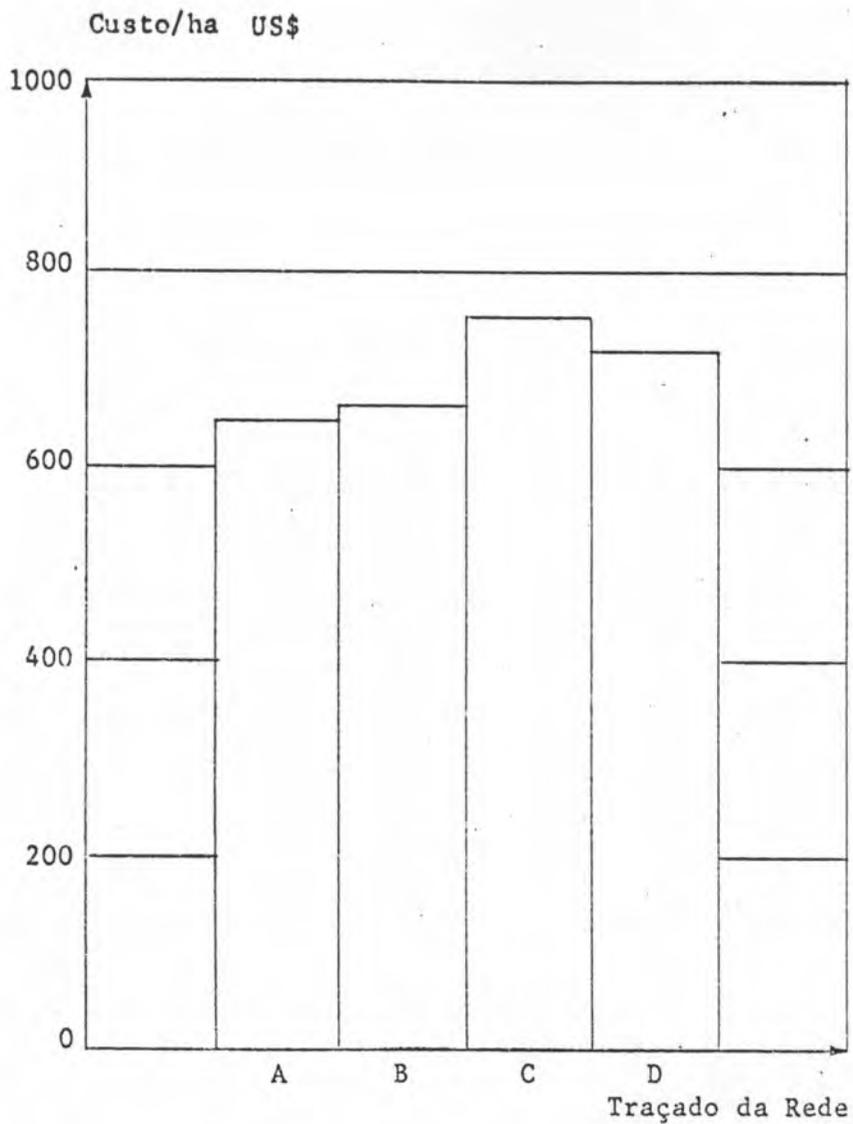
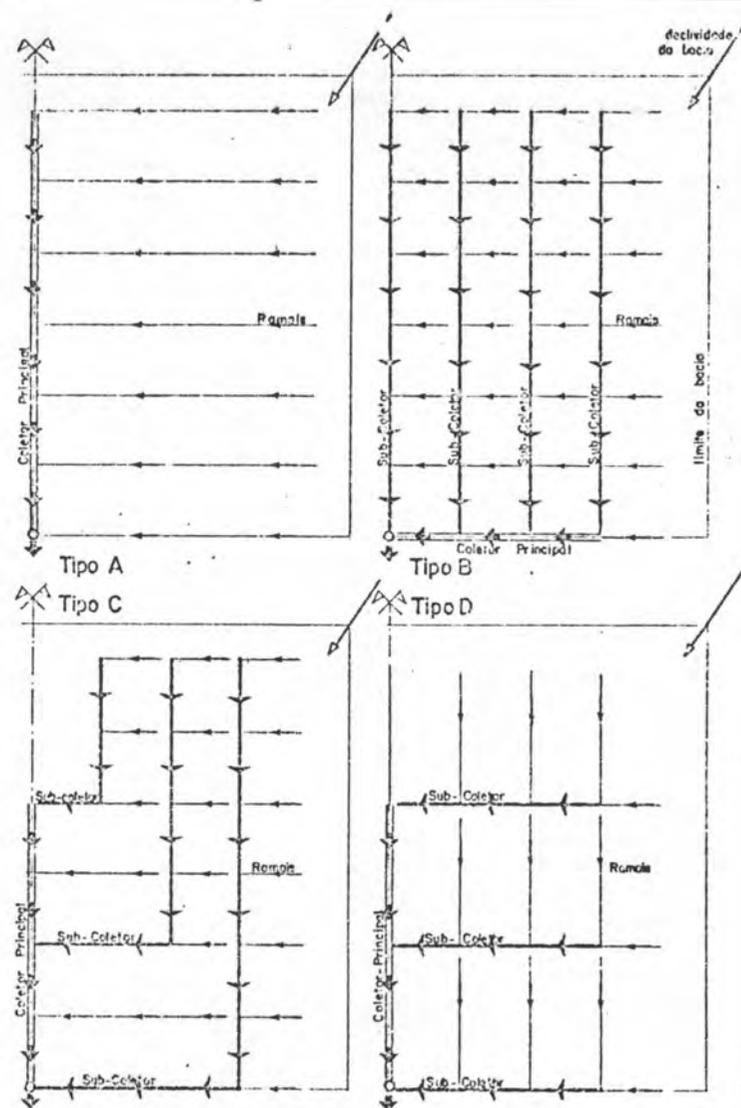


Figura 8  
 Variação dos custos das redes dos modelos segundo diferentes tipos de traçados



dência a ser mais econômicos que os critérios combinados C e D.

Neste sentido, o estudo não pode ser tomado como conclusivo, e particularmente nesta variável, só indicativo, desde que bacias reais não terão declividades constantes em toda sua área, como foi suposição feita para o estudo.

## 6.2. Tipo de Traçado das Quadras

No que diz respeito ao tipo de traçado urbano e forma delas, depois de uma análise relativamente simples, chegou-se a conclusão que se as quadras eram quadradas com relação de lados 1:1 ou eram alongadas, não haveria em princípio nenhuma implicância nos custos desta rede.

Chegou-se a conclusão que a única variável de traçado urbano que influi nos custos da rede de drenagem é o tamanho das quadras. Para analisar sua possível incidência planejaram-se modelos com quadras 62,5 x 62,5 m. de 100 x 100 m. e 125 x 125m com o resultado que se indica na figura 9.

Tinha-se a impressão que traçado com quadras menores (62,5 x 62,5 em nossos modelos) teriam custos de drenagem menores. A impressão surgia do fato que na realidade a rede de galerias de drenagem se faz necessária no caso da capacidade de escoamento da rua ser sobrepassada, e traçados urbanos com quadras menores, se a largura da rua é mantida constante, de fato fazem aumentar as áreas pavimentadas.

Pelos resultados obtidos pode-se advertir que a maior capacidade de escoamento superficial das ruas, no que diz respeito a rede de drenagem, fica compensada com a maior quantidade de condutores que é necessário dispor para evacuar água de uma quantidade maior de ruas.

O menor tamanho das quadras repercutiria em maiores custos de pavimentação, mas o custo de drenagem deve ficar no mesmo nível. Pode-se concluir assim, que o custo de drenagem é independente do tipo de traçado urbano e com bastante lógica pode-se falar de um custo por unidade de área, por exemplo, um

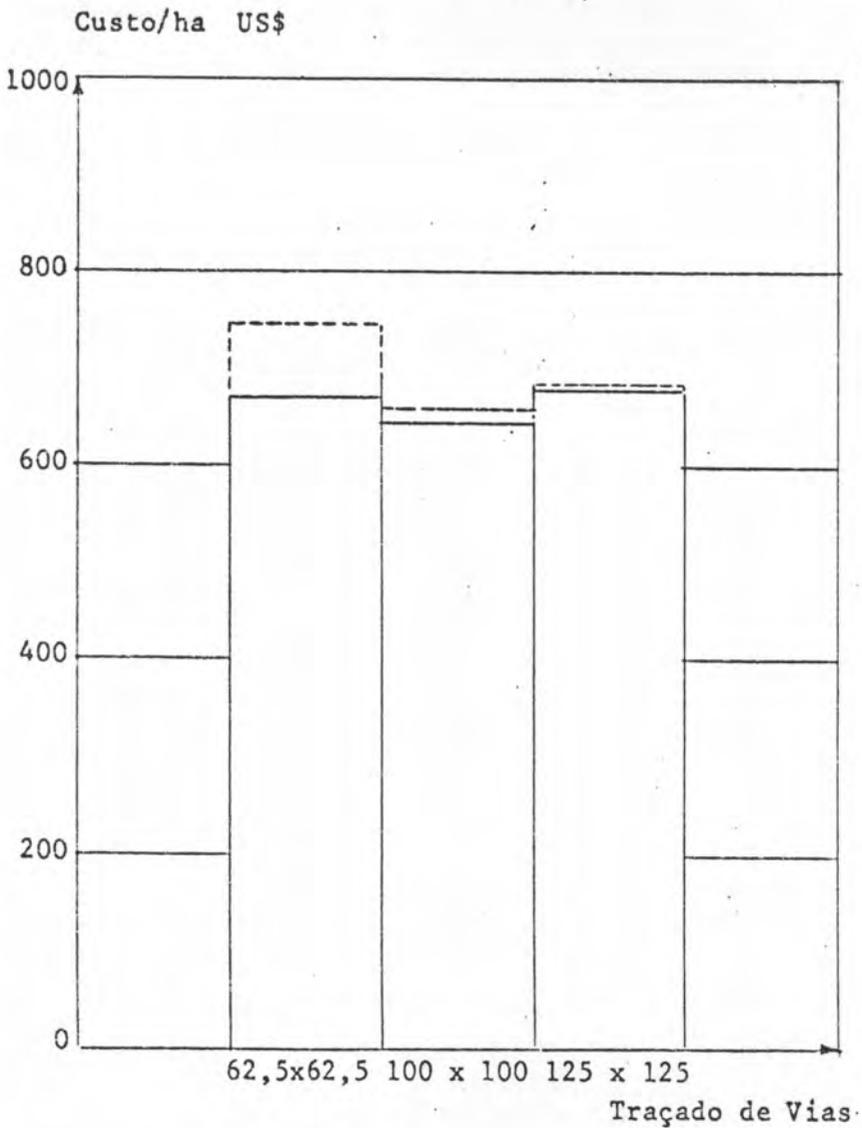
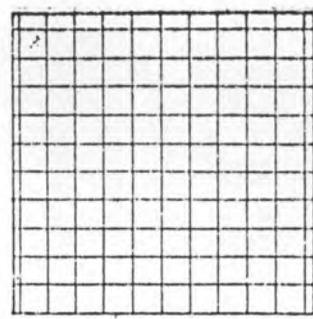
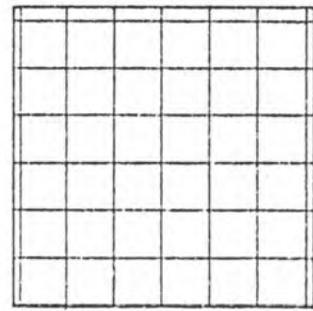


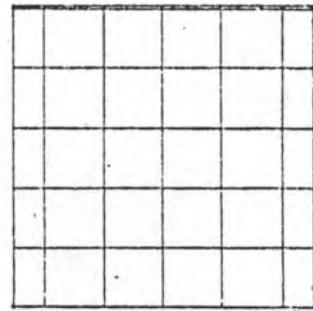
Figura 9  
 Variação dos custos das redes de drenagem segundo o tamanho das quadras



Quadras de 62,5 x 62,5m



Quadras de 100 x 100m



Quadras de 125 x 125m

custo por hectare.

### 6.3. Densidade Habitacional

A superfície impermeabilizada, por unidade de área, ocupada por edifícios, pátios, calçadas e ruas não é totalmente independente da densidade habitacional. De fato quanto maior a densidade habitacional, maior será a área impermeabilizada.

Apesar disso, podem-se dar casos de grandes densidades em áreas impermeabilizadas pequenas, como é o caso de conjuntos habitacionais com prédios de 8 a 12 andares envolvidos em áreas ajardinadas, e vice-versa.

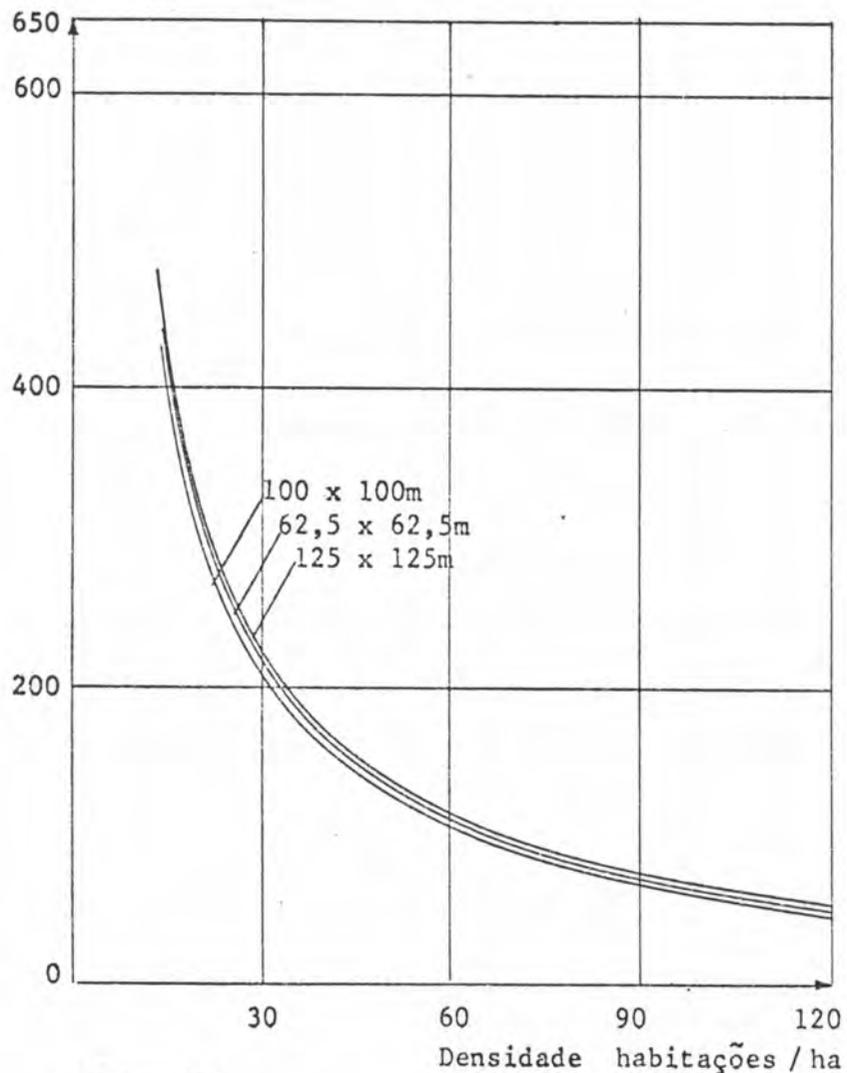
Ante estes fatos, o mais lógico é supor que o custo total da rede de drenagem é proporcional, se a área é independente da quantidade de habitações que está contida na área. Com este critério, a incidência dos custos desta rede em cada habitação é inversamente proporcional a quantidade delas por unidade de área, e surgem assim as curvas de custo da figura 10 onde se traçou uma curva para cada tamanho de quadra, critério de traçado da rede.

Nas curvas pode-se observar que a densidade terá uma incidência muito grande, tanto em termos absolutos como em termos relativos, na incidência dos custos da rede por cada habitação servida (comparado a importância desta variável com critérios de traçado da rede e dos tamanhos das quadras). Levando em consideração que o metro quadrado construído está na ordem de 2 a 3.000 CR (janeiro de 1977), para drenar uma habitação. Densidades pequenas como podem ser 15 habitações por hectare que correspondem geralmente a habitações isoladas) repercutirão em custos equivalentes a US\$ 0.48 por habitação para a implantação deste serviço. Densidades maiores que 40 habitações por hectare, necessitarão de um custo equivalente a menos de um metro quadrado construído.

### 6.4. Tamanho da Bacia

Como supunha-se de início uma das variáveis que inci-

Custo/habitação US\$



Custo/habitação US\$

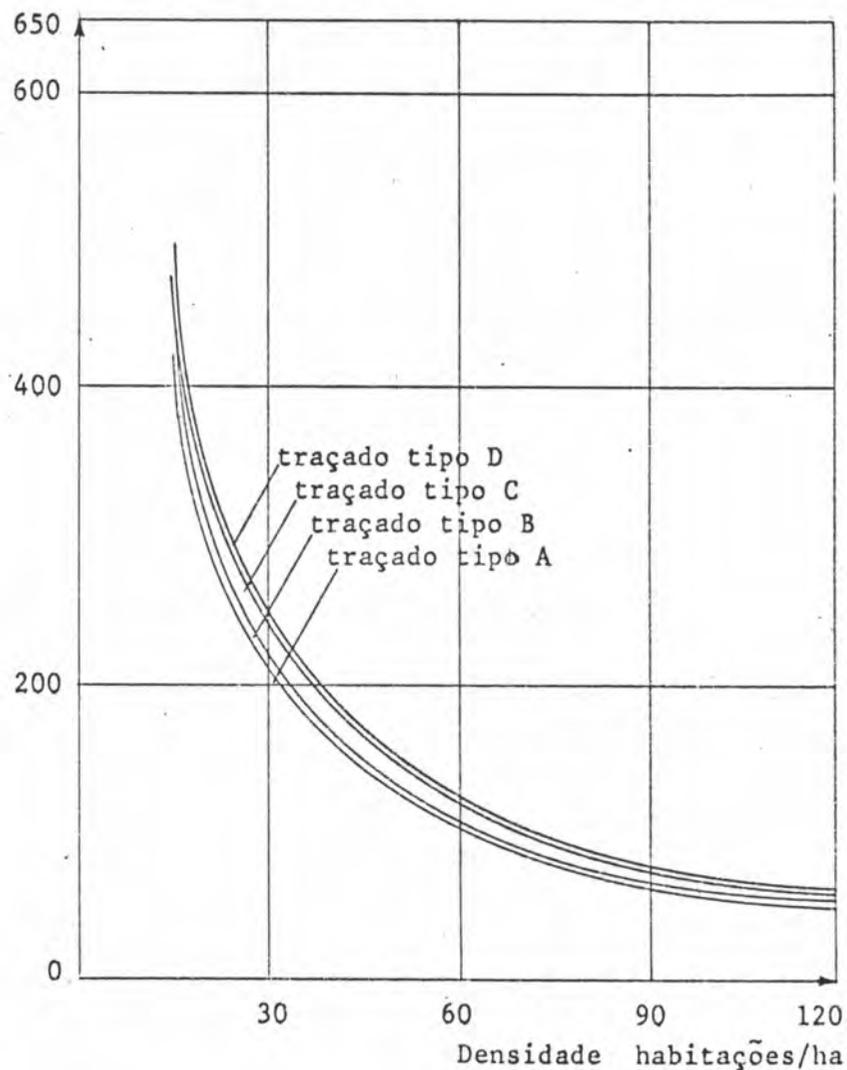


Figura 10

Custo total da rede por habitação servida em função da densidade habitacional bruta da bacia drenada

diam nos custos da rede de drenagem, é a área da bacia a drenar. Os custos da rede são fortemente crescente com a área, como pode-se observar na figura 11, onde se indica a evolução do custo total da rede em função da área drenada (os números ímpares correspondem a traçados com critérios tipo A e os pares com critério de traçado tipo B), pode-se advertir que a medida que a área cresce linearmente o custo total cresce espontaneamente, e que cada vez é maior a distância média a que é necessário transportar as águas, assim como seu caudal médio. Isto fica mais claro analisando a figura 12 onde se mostra que o custo médio da tubulação por cada metro necessário dela, é crescente com a área, e isto é consequência não só dos maiores diâmetros médios, senão das maiores profundidades a que serão necessários de instalar.

Maiores custos por metro de tubulação e maior quantidade de tubulação por hectare repercutem em aumentos importantes nos custos por hectare como se observa na figura 13, onde o custo por hectare cresce de US\$ 0.48 para US\$ 9 561.75, quando se passa de uma área drenada de 20 para 100 hectares.

#### 6.5 Forma da Bacia

Na figura 14 pode-se observar que na medida que as bacias são mais alongadas, o custo da rede, para áreas totais iguais é crescente, mas o crescimento dos custos não é muito grande como de início se supunha.

Ao crescimento dos custos neste caso corresponde as mesmas causas que no caso anterior (tamanho da bacia); as bacias mais compridas exigem que as águas sejam transportadas a distâncias maiores, então a quantidade de tubulações e os diâmetros dela aumentam com o aumento da relação, lado menor a lado maior. Mas neste caso o custo médio das galerias por metro linear instalada com seus correspondentes órgãos necessários não é francamente crescente como no caso anterior (área da bacia). O custo médio mais baixo de tubulação, apareceu para bacias a drenar quadradas (relação de lados 1 : 1) mas logo parece estabilizar-se num custo em 20% maior para qualquer forma de bacia, como pode-se observar na figura 15.

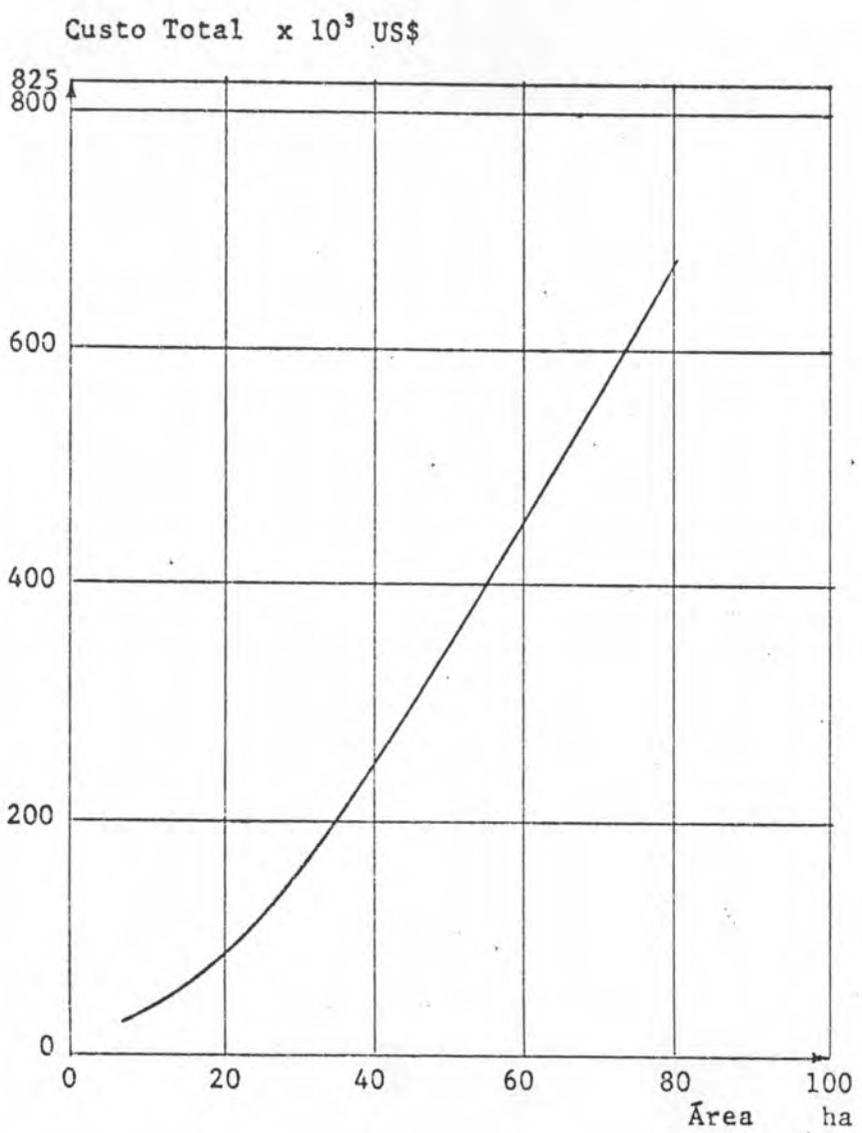
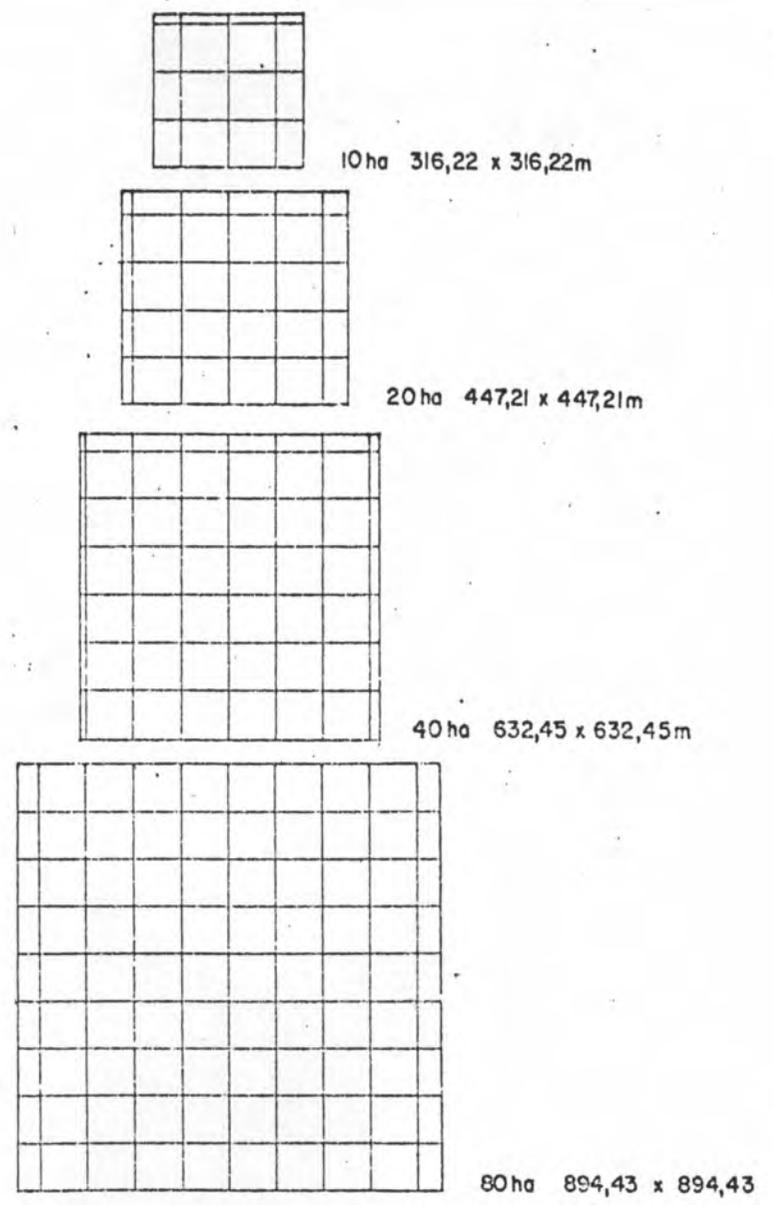


Figura 11  
Custo total da rede de drenagem em função da área drenada



Custo/ml US\$

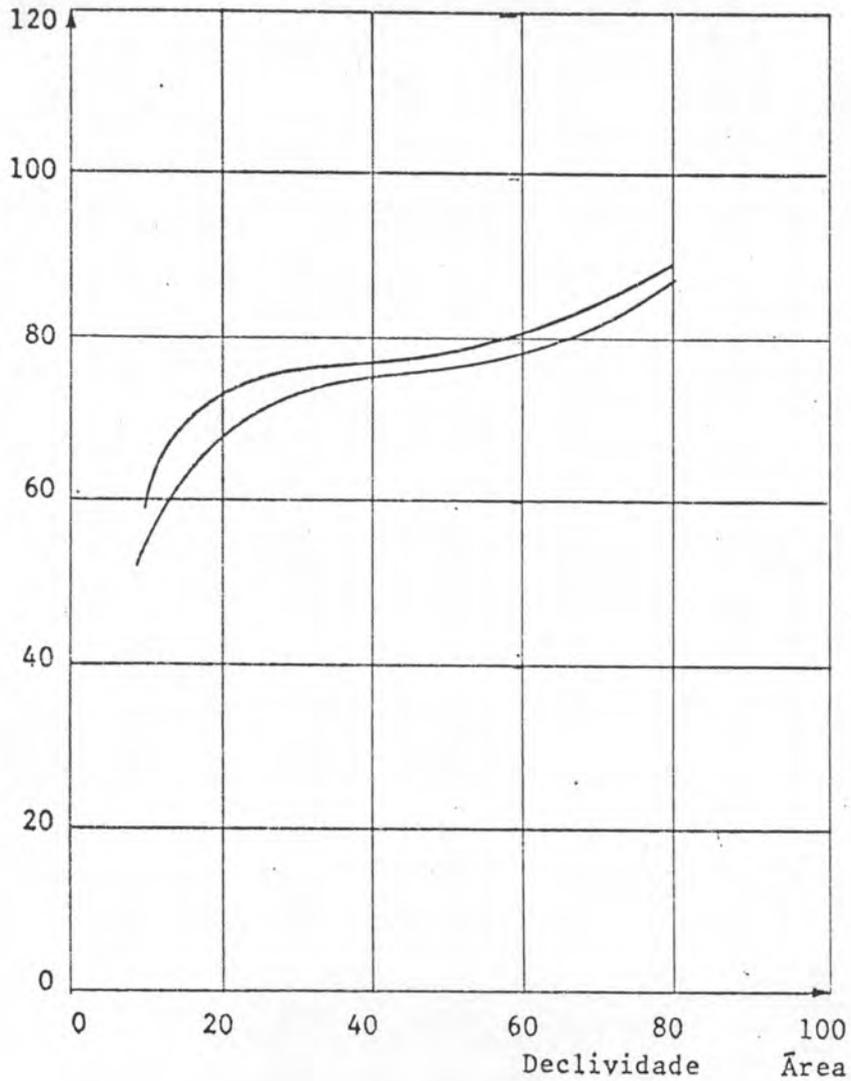


Figura 12  
Custo da rede de drenagem por metro linear de galeria em função da área drenada

Custo/ha US\$

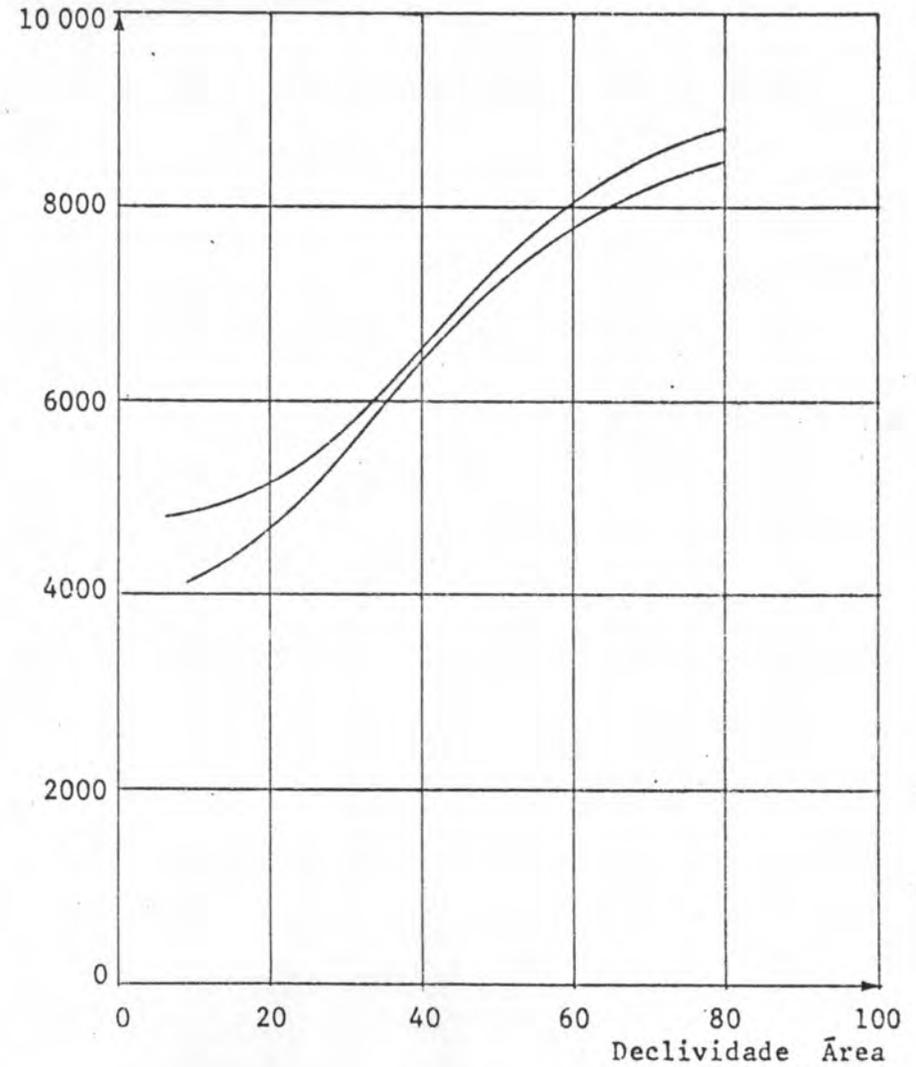


Figura 13  
Custo da rede de drenagem por hectare drenado em função da área da bacia

Custo Total x 10<sup>3</sup> US\$

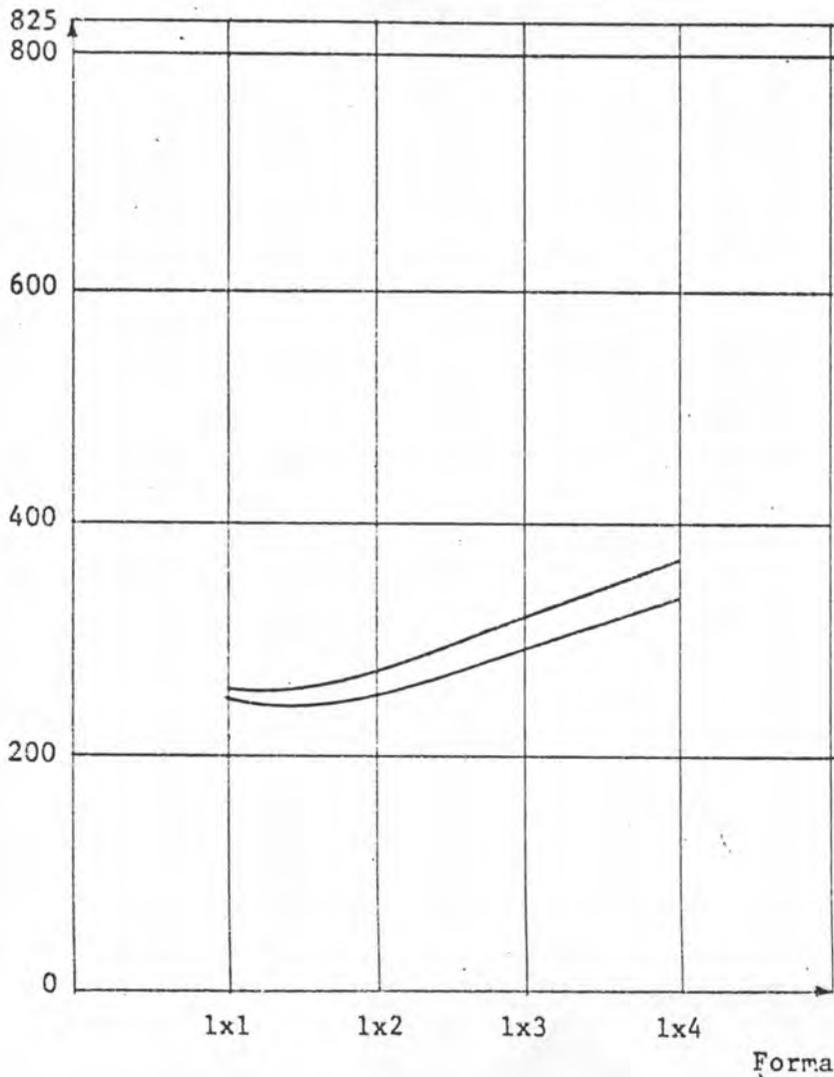
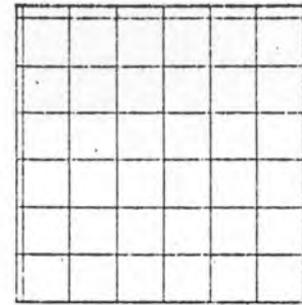


Figura 14

Custo total da rede em função da forma da bacia drenada

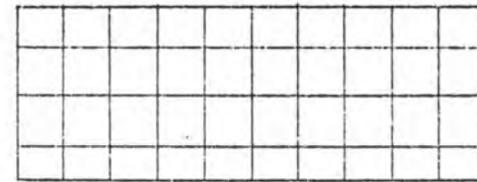
Nota: Foi suposto em todos os casos que a rede deveria concentrar as águas no vértice inferior direito que é seu ponto mais baixo. A área para os quatro modelos é a mesma (A=40ha).



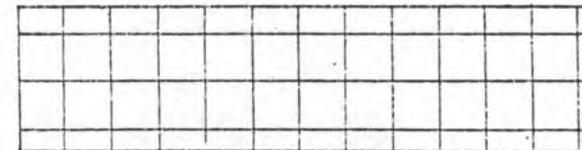
632,45 x 632,45m  
Relação 1:1



894,43 x 447,21m  
Relação 1:2



1095,44 x 365,14 m  
Relação 1:3



1264,91 x 304,22  
Relação 1:4

Custo/ml US\$

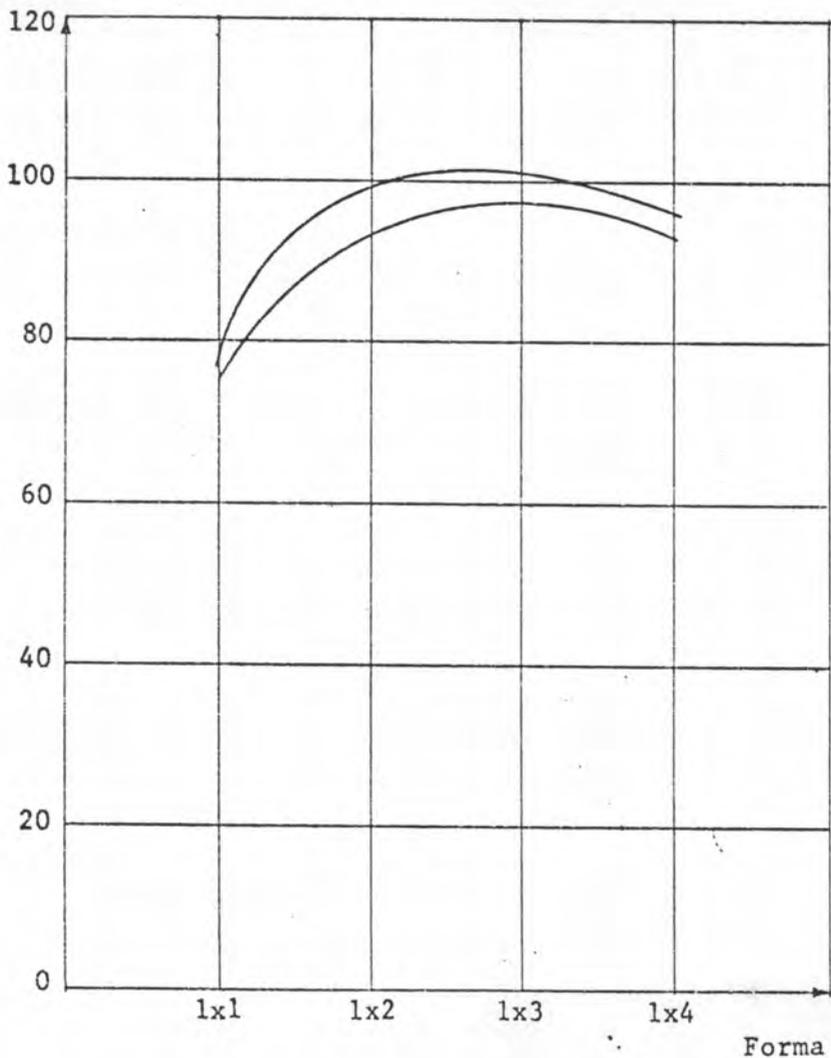


Figura 15  
Custo médio da rede por metro linear de galeria instalada em função das formas das bacias a drenar

Custo Total x 10<sup>3</sup> US\$

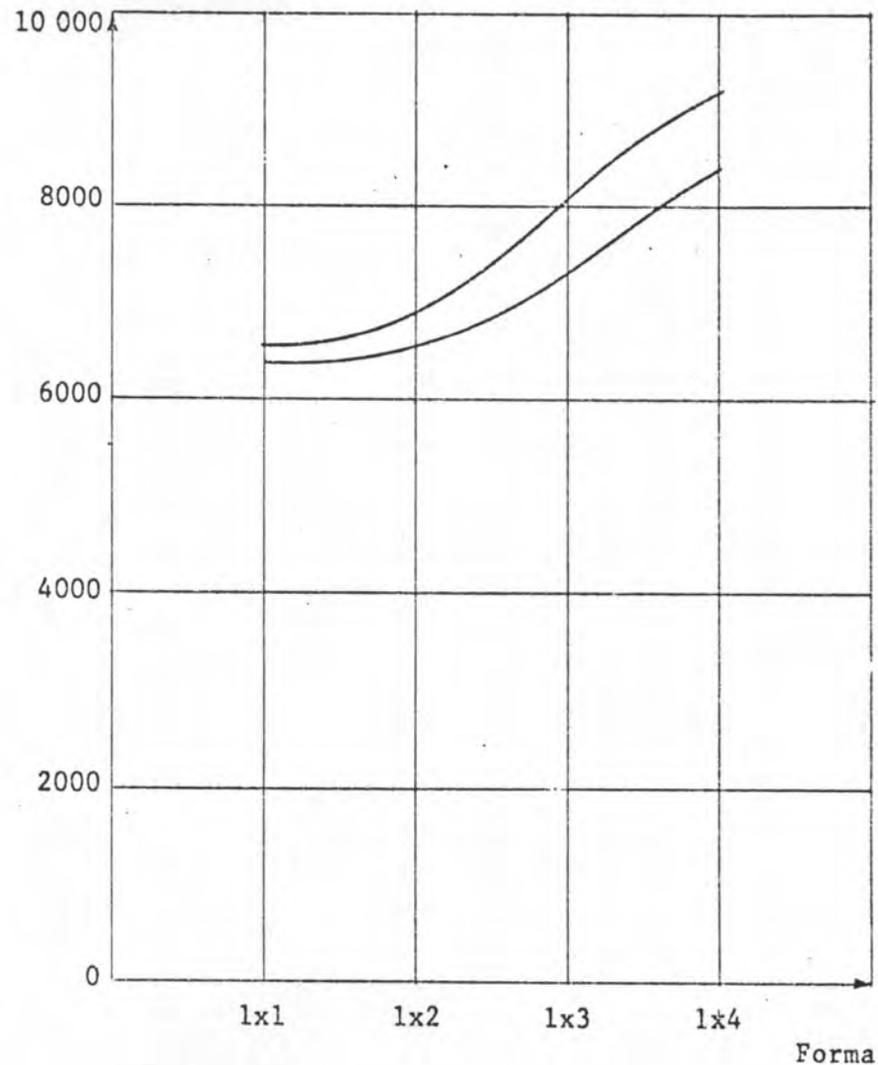


Figura 16  
Custo da rede por hectare drenado em função da forma da bacia

A maior quantidade de tubulação por hectare drenada é a causa então dos maiores custos de drenagem por hectare que aparecem na figura 16.

#### 6.6. Declividade da Bacia

Para estudar a influência da declividade da bacia nos custos da rede de drenagem foram estudados uma série de modelos iguais em traçados, área e forma da bacia, mas declividades variáveis; assim os primeiros modelos tinham uma declividade suposta para a bacia de 0,5%, os últimos modelos uma declividade suposta de 8% calculando-se os modelos com declividades intermediárias de 1%, 2%, 3%, 4% e 6%. Os resultados obtidos podem-se observar na figura 17.

Os custos da rede são decrescentes com o aumento da declividade até 4%, os modelos com declividade de 4% e 6% têm custos aproximadamente iguais, e os modelos com 8% de declividade têm novamente custos maiores.

Desde o ponto de vista da rede de drenagem aparecem assim declividades que minimizam o custo dela e que estão compreendidas entre 4% e 7% e maiores declividades encarecem esta rede.

A causa destas variações de custo deve-se a alguns fatos. Primeiro maiores declividades da bacia, permitem declividades nas ruas e conseqüentemente sua capacidade de escoamento será maior, com o qual a necessidade de galerias diminuirá. De outro lado na medida que a declividade das galerias aumente (dentro de certos limites) a velocidade das águas dentro delas aumentará e os diâmetros, necessários, como é facilmente compreensível diminuirão. Como conseqüência de ambos fatos, declividades de bacias pequenas (menores de 1,5%) acarretam custos de drenagem maiores, por necessitarem maior percurso nas tubulações e maiores diâmetro nelas.

Declividades muito grandes (maiores de 6%) acarretam custos de drenagem em elevação novamente; neste caso os aumentos devem-se ao fato de que há uma declividade máxima para as

Custo Total x 10<sup>3</sup> US\$

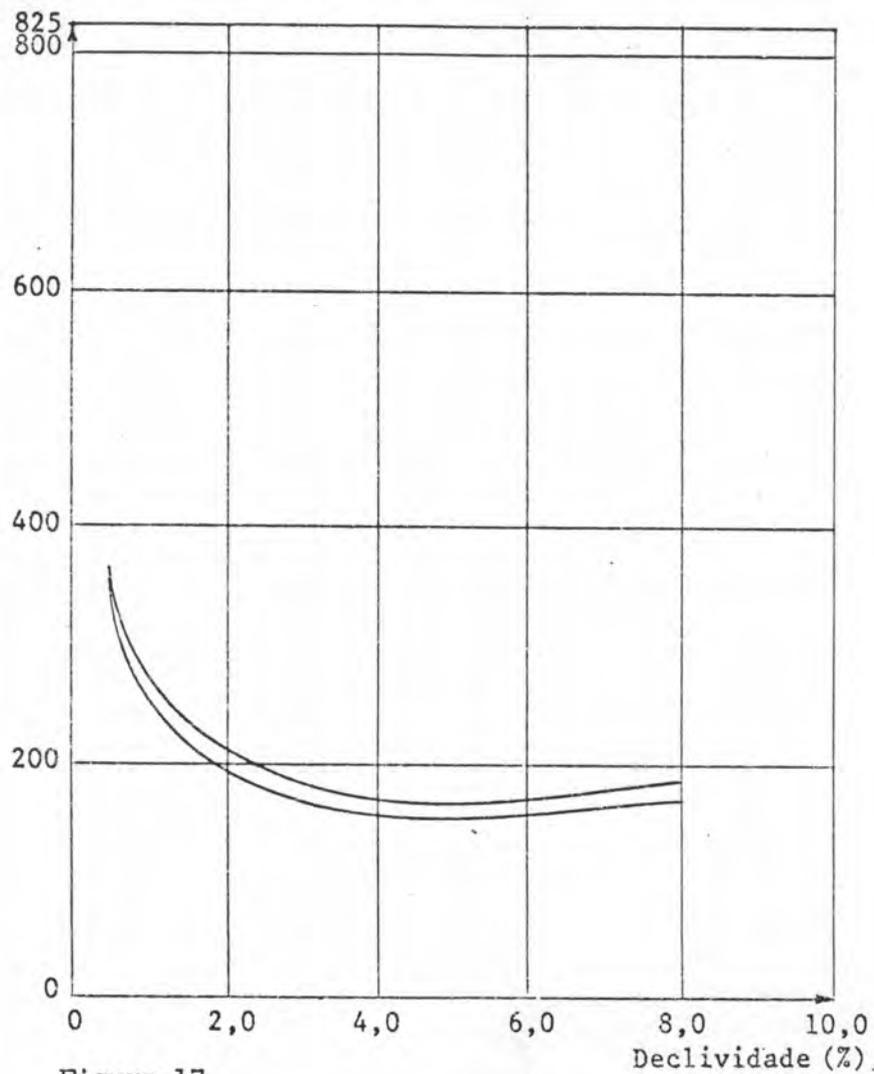
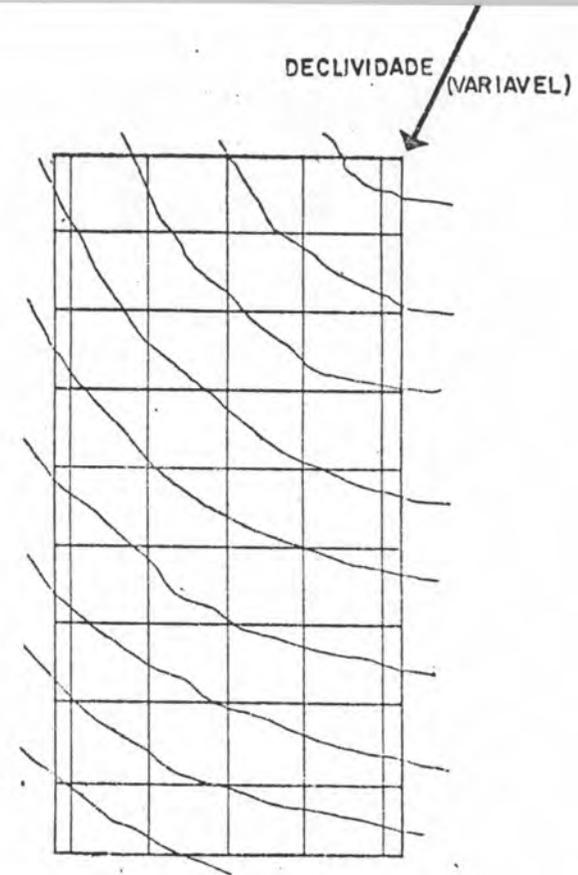


Figura 17  
Custo total da rede de drenagem em função da declividade da bacia a drenar

Nota: A declividade suposta em todos os modelos teve sempre o sentido indicado no esquema, o ponto mais alto é indicado num vértice e o mais baixo no oposto onde por norma deverão ser reunidas em todos os modelos as águas pluviais



tubulações. Esta declividade máxima está limitada pelas velocidades máximas admissíveis dentro delas para que não se produzam erosões que as desgastariam rapidamente, com a consequente perda de vida útil. Então, as declividades grandes nas bacias não podem ser acompanhadas por declividades igualmente grandes nas tubulações, o que acarreta aumento nas suas profundidades e consequentes aumentos nos custos de sua instalação.

Na figura 18 pode-se verificar, como influe a declividade no custo por metro linear de rede instalada, ela mostra que o custo mínimo (por metro de rede) surge com declividades pequenas, e declividades grandes acarretam importantes aumentos no custo por metro linear de rede.

Finalmente a figura 19 mostra como evolue o custo de drenagem por hectare drenado quando aumenta e diminui a declividade.

#### 6.7. Algumas Considerações Finais

Finalmente, para conceitualizar a importância relativa das diferentes variáveis nos custos de drenagem, relacionaremos a densidade habitacional, única variável de desenho urbano que interfere nos custos, com as três variáveis locais, (declividade, área e forma da bacia) que têm expressividade também nos custos. As figuras 20, 21 e 22 mostram os resultados obtidos.

A figura 20 que contém quatro curvas uma para cada tamanho de bacia, desde as menores até as maiores, permite comparar a influência nos custos desta variável com a densidade habitacional. Nela pode-se ver que um diâmetro da densidade 100% (por exemplo de 30 Hab/Ha para 60 Hab/Ha) faz diminuir a incidência nos custos desta rede em cada habitação a metade, enquanto que um aumento do tamanho da bacia também em 100% (por exemplo de 20 para 40 Ha) faz aumentar a incidência de custos desta rede por habitação em aproximadamente 25%.

A figura 21, que contém quatro curvas, uma para cada uma das formas de bacia estudadas, desde as quadradas e compac-

Custo /ml US\$

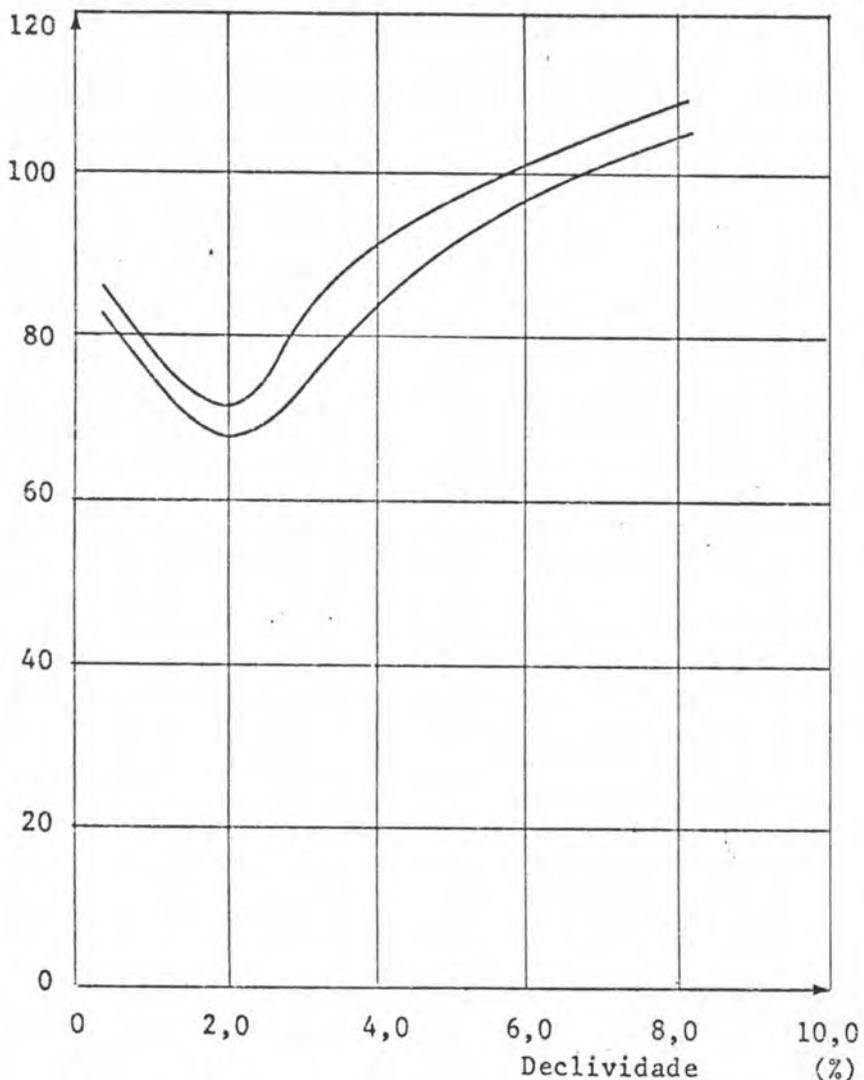


Figura 18  
Custo da rede de drenagem (incluindo órgãos acessórios), por metro linear de tubulação em função da declividade da bacia a drenar

Custo/ha US\$

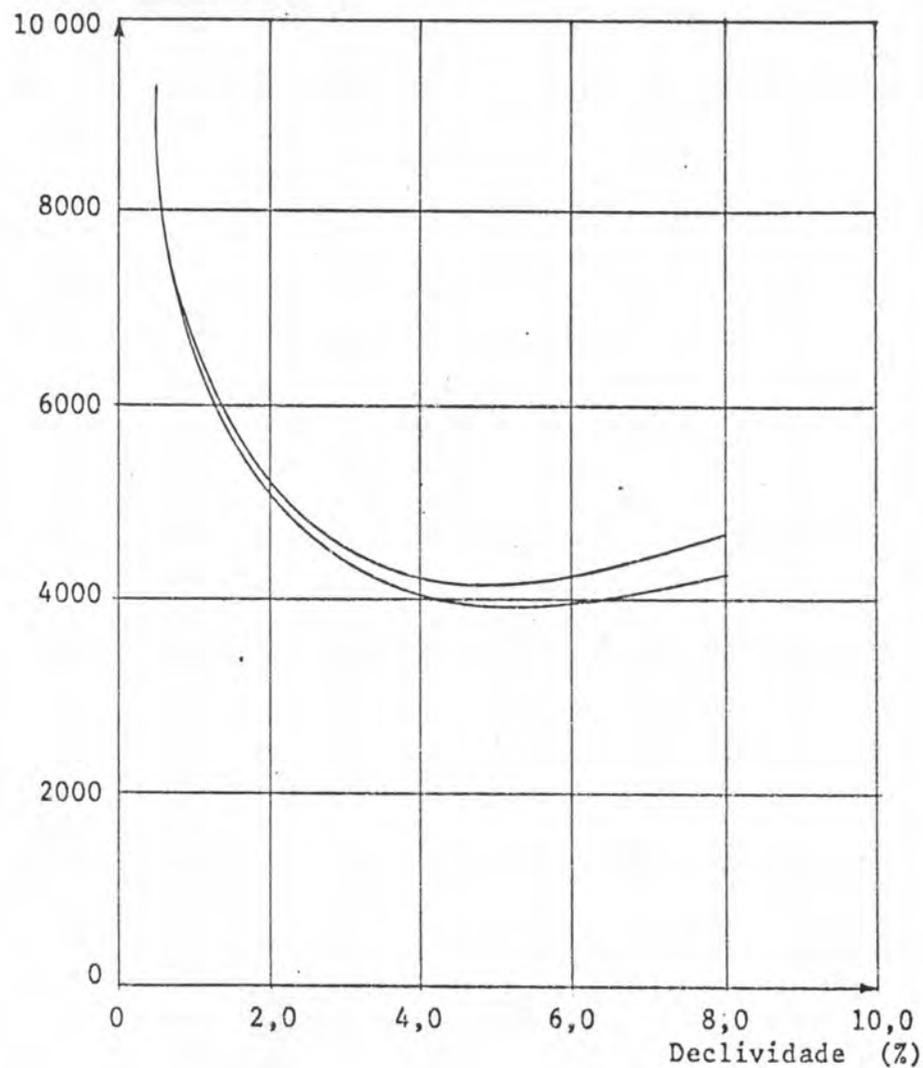


Figura 19  
Custo total da rede de drenagem (com órgãos incluídos), por hectare de bacia drenada em função da declividade

Custo/habitação US\$

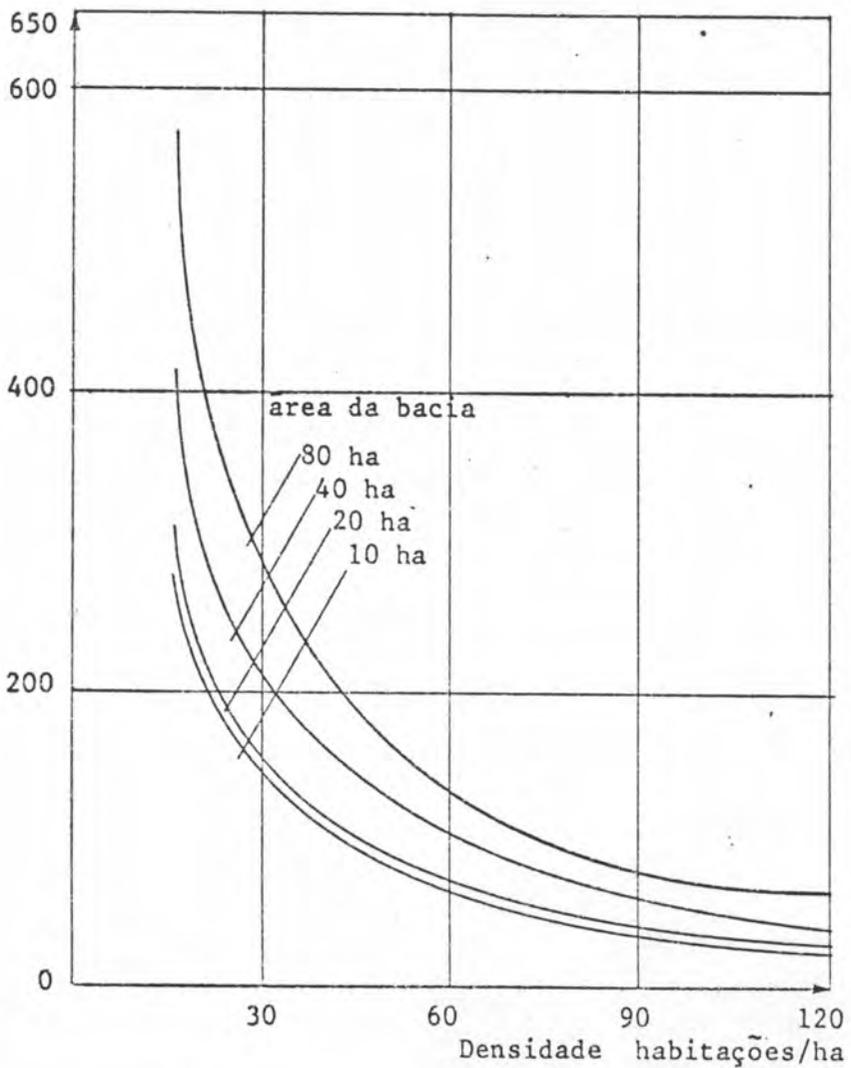


Figura 20  
Custo total da rede referido à habitação servida

Custo/habitação US\$

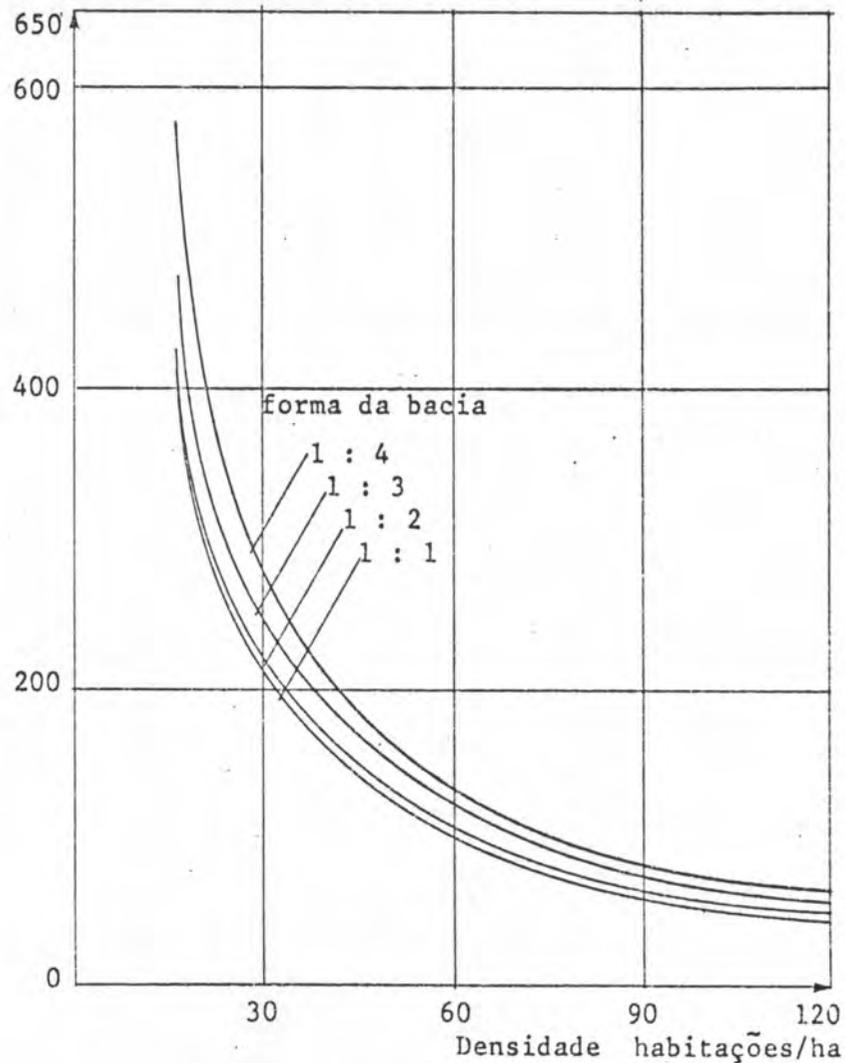


Figura 21  
Custo total da rede referido à habitação servida

tas até as mais alongadas permite comparar a influência desta variável novamente com a densidade habitacional. Nesta pode-se ver que a importância da forma da bacia, como variável de custo frente a densidade é francamente desprezível, desde que as variações de custo estão na ordem de 5,10 ou no máximo 20% quando se passa de uma bacia compacta até numa super alongada.

Finalmente a figura 22, que contém sete curvas para cada declividade estudada desde as sem declividade até as de maior declividade, permite tomar consciência que das variações comparadas com a densidade esta é a única inexpressiva, sobretudo em baixas declividades. Não chega a importância da densidade habitacional, mas não é desprezível.

O apanhamento geral de variáveis nos está ensinando novamente que, na mesma forma que para outras redes, o problema da densidade habitacional, com suas implicações construtivas, é da maior importância para a economia urbana.

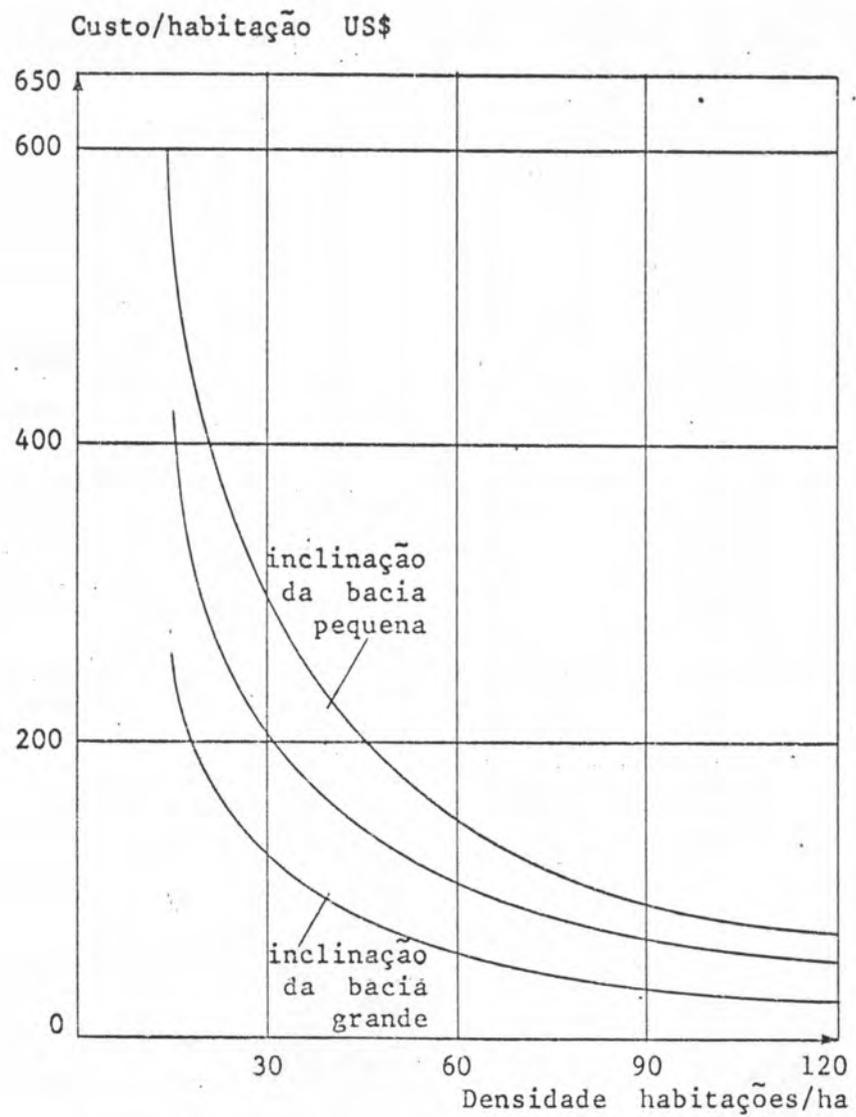


Figura 22  
 Custo total da rede referido a habitação servida  
 em função da densidade habitacional bruta

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE  
GÁS ENCANADO

## SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE GAS ENCANADO

### INTRODUÇÃO

O trabalho referente ao sistema de distribuição de gás encanado tem como objetivo primordial o estabelecimento da ordem de grandeza dos custos das obras necessárias para sua implantação, a determinação da importância e a forma de variação dos principais parâmetros influentes nestes custos.

Será dado destaque as variações que passam a incidir de forma mais significativa naqueles custos, bem como aqueles que sejam manipuláveis pelos planejadores urbanos e regionais na escolha das soluções para as cidades de porte médio e para bairros agregados a cidades maiores.

#### I. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GÁS E OUTRAS ALTERNATIVAS DE ENERGIA DOMICILIAR

Utilizam-se no mundo inteiro, numerosos tipos de gás, mas pode-se classificá-los em três tipos básicos a saber: gás natural, gás resultante de combustíveis líquidos, gás resultante de combustíveis sólidos.

##### 1.1. Gás Natural

Usado em larga escala para fins industriais (produção de fibras sintéticas, borracha artificial, fertilizantes, etc.) e domésticos. Apresenta alto poder calorífico e vantagens como queimar-se totalmente sem produzir fumaça nem deixando resíduos e cinzas, ser um combustível livre de impurezas prejudiciais que possam produzir corrosão. O fornecimento do gás natural por meio de canalização é simples, precisando somente lembrar de injetar-se solventes líquidos para que se conserve a elasticidade das juntas. No Brasil a utilização desse gás é ainda muito pequena chegando suas reservas na casa dos  $25 \times 10^9$  metros cúbicos.

## 1.2. Gás Resultante da Destilação de Combustíveis Líquidos

Praticamente todos os produtos de petróleo podem ser usados para produzir gás. Existem atualmente diversos processos de se obter gás pela destilação de combustíveis líquidos sendo que esses processos se assemelham muito. O produto resultante não é só gás, mas também outros sub-produtos derivados do petróleo e que vão do gás natural ao óleo combustível pesado.

### 1.2.1. Gás de Petróleo

O gás de petróleo ou GLP como é também conhecido, é fornecido principalmente para acudir demandas muito altas em determinadas ocasiões (enriquecimento frio) ou para pequenas centrais destinadas a suprir localidades rurais em consequência do consumo ficar restrito a uma média constante. Aqui no Brasil, entretanto, constitui o GLP o combustível gasoso mais largamente usado para uso domiciliar.

### 1.2.2. Gás de Nafta

A nafta pode ser gaseificada cataliticamente com vapor de água para produzir gás manufacturado: GNS ou gás de rua.

Há inúmeros processos disponíveis para gaseificação de nafta que se dividem em dois tipos básicos: contínuos à alta pressão e cíclicos à baixa pressão.

## 1.3. Gás Resultante de Combustíveis Sólidos

Gás de carvão: não examinaremos a eventual conveniência de se continuar destilando carvão betuminoso para obter gás devido ao fato de não existir perspectiva, ainda que remota, de se poder utilizar exclusivamente o carvão nacional para uma produção econômica de gás. As características físico-químicas do carvão nacional determinam que este não é economicamente viável para a extração de gás. Um dos aspectos do esforço da PETROBRÁS em diminuir a dependência do país de energia importada

é a industrialização dos carvões brasileiros. Há mais de dois anos a PETROBRÁS iniciou o estudo do aproveitamento do carvão, através de sua gaseificação e a subsequente substituição de derivados de petróleo pelo gás gerado.

#### 1.4. Gás de Xisto Betuminoso

Ainda praticamente não existe tecnologia difundida mundialmente para a exploração do gás de xisto betuminoso, o que a torna economicamente difícil de ser aplicada. Aqui no Brasil o campo de lavra de xisto tem reserva calculada como possível de fornecer 1 milhão de metros cúbicos por dia, por 30 anos consecutivos.

#### 1.5. Gás de Lixo Urbano

Das alternativas até hoje propostas para o aproveitamento do lixo, talvez nenhuma traga, em termos globais, tantas vantagens quanto a transformação dos depósitos de lixo municipais em aterros sanitários. Tal experiência além de sanear, despolir e recuperar áreas, mostrou que pode ser importante fonte de produção de gás com possibilidades concretas de exploração comercial sendo que estão desenvolvendo-se análises de viabilidade econômica e de desenvolvimento de tecnologia para exploração desse tipo de gás.

#### 1.6. Gás de Alcool

Estão sendo realizadas pesquisas de viabilidade econômica e técnica sobre o aproveitamento do gás a partir do alcool, sendo este, cada vez mais, uma fonte de energia mais viável economicamente.

#### 1.7. Outras fontes de energia domiciliar

Se compararmos os preços dos distintos sistemas energéticos por país e os custos dos combustíveis no Brasil concluiu-se que aqui o gás é a fonte energética calorica ideal para uso domiciliar. Incentivado seu uso a energia elétrica liberada poderia ser aplicada a outros usos na sua forma mais adequada ou

seja, como energia motriz, onde é realmente a mais econômica , tanto macro como microeconomicamente.

## II. GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS POR REDES

A importância atribuída ao gás canalizado em todos os países desenvolvidos é notável devido as suas vantagens de distribuição como a maior segurança que proporciona aos consumidores, a redução do tráfego de superfície, a continuidade de suprimento e a flexibilidade para a utilização de várias fontes de energia primárias. No Brasil, infelizmente, sua participação é inexpressiva dentro do contexto energético, alcançando somente 0,3% da energia utilizada no país.

### 2.1. Brasil

Antigamente as redes consistiam, basicamente, em tubos de ferro fundido de condução de grande diâmetro que saiam das fábricas de gás para o centro das cidades.

As redes de ferro fundido tinham uniões de chumbo entre os tramos (fig. 1a.), e eram totalmente inadequados para transportar gás pela falta de segurança perante possíveis vazamentos. Este tipo de rede encontra-se ainda hoje em serviço devido à longa vida útil das tubulações, embora sejam obsoletas se comparadas com as tecnologias atuais de distribuição.

Na atualidade, as redes são bem complexas; existe uma rede de baixa pressão, geralmente em ferro fundido com junta mecânica (fig. 1.b) que fornece gás aos usuários domiciliares.

Esta rede é alimentada, pela sua vez, por outra de média pressão, usualmente constituída por tubos de aço com juntas soldadas. As vezes, existe uma terceira rede de alta pressão, também de aço soldado, que alimenta a rede de média pressão e aos grandes consumidores industriais.

Nos pontos de união das diferentes redes existem esta-

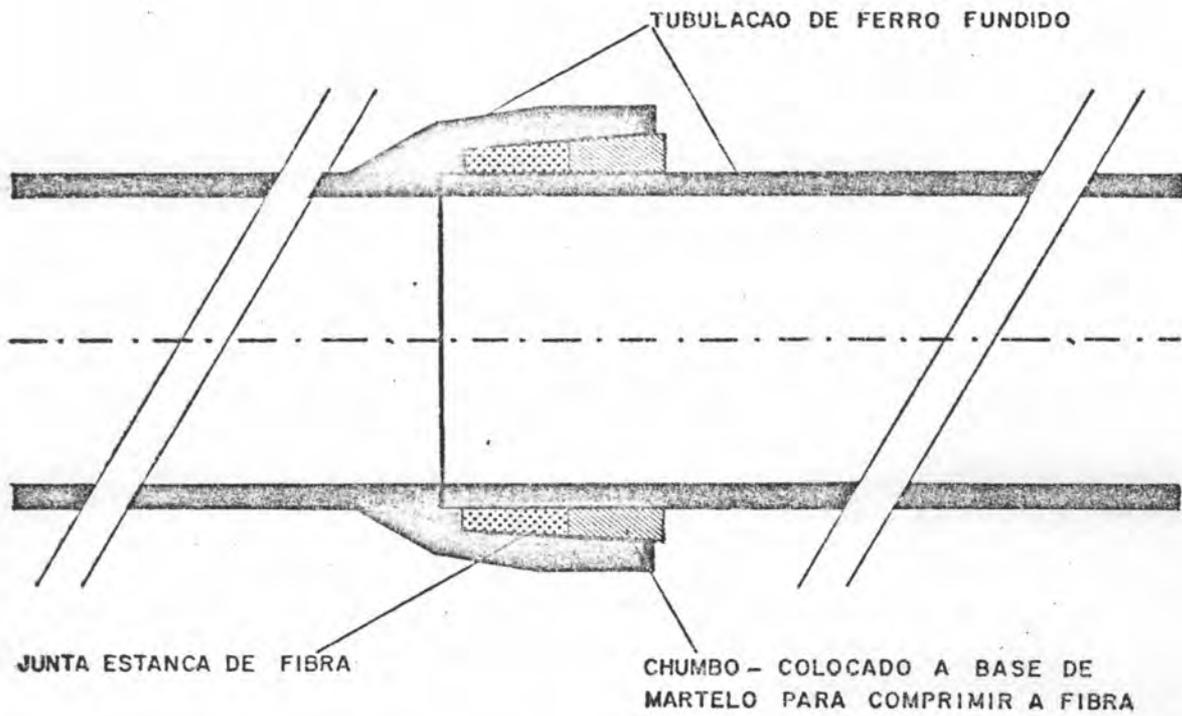


Figura 1a  
Junta Antiga para cano de ferro fundido

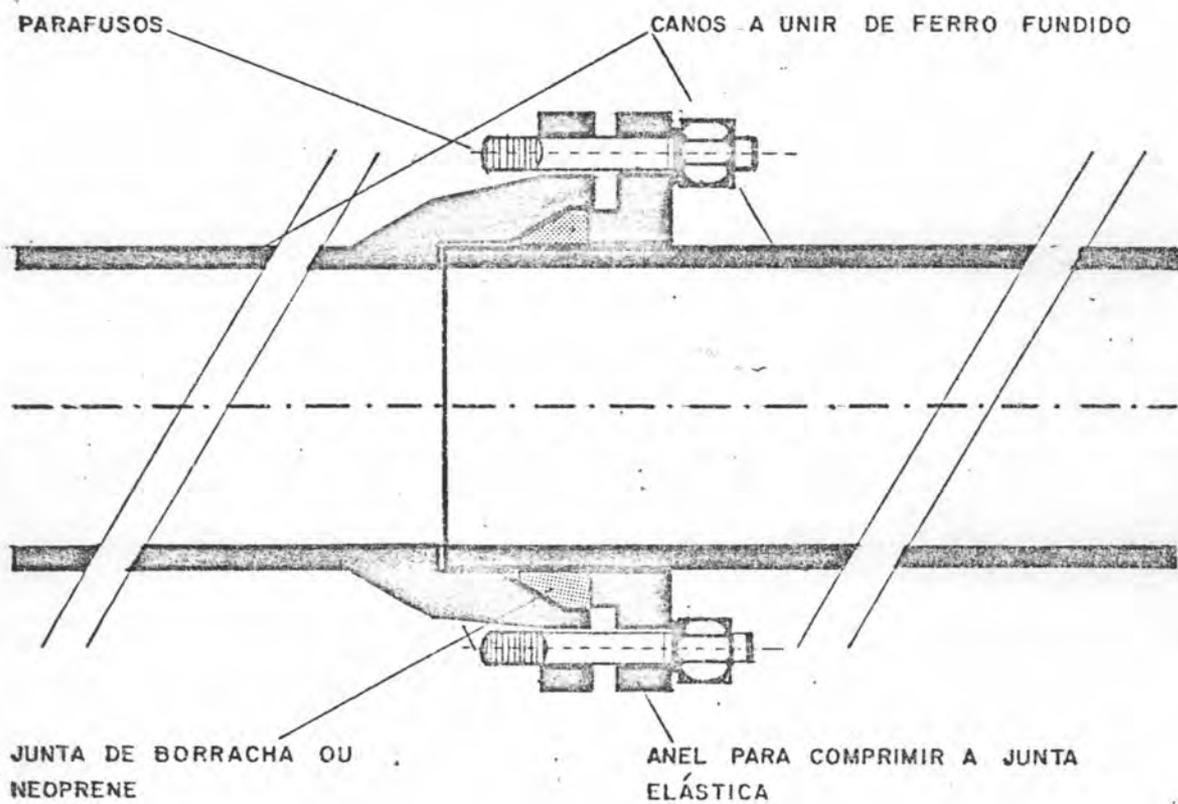


Figura 1b  
Junta Moderna para uniões de canos de condução de fluidos à pressão

ções de pressão. O transporte do gás se faz assim através de um sistema complexo e eficiente, compatível com as exigências atuais. Como a distribuição do gás encanado para uso domiciliar não pode contar com reservatórios individuais (como é o caso da rede de água potável); as redes devem ser dimensionadas para o consumo máximo no horário e dia mais crítico, o que implica um sobredimensionamento da rede em relação ao consumo médio. A figura 2, mostra um esquema habitual para a rede de baixa pressão que segue a disposição das ruas da cidade; paralela a ela e com uma trama maior encontra-se a de média pressão que alimenta as estações reguladoras (conhecida hoje como rede suporte).

### III. ELEMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA

Os sistemas de distribuição de gás encanado compostos dos seguintes elementos:

- usinas de produção ou jazidas de gás natural, com seus sistemas de extração;
- instalações de armazenamento, compressoras, odorizadoras, misturadoras, filtradoras, etc.
- linhas de transmissão;
- rede de suporte;
- estações reguladoras (rebaixadoras) de pressão;
- rede de distribuição

As características de cada um destes elementos componentes dependem do tipo de gás a ser distribuído, do tipo de usuário servido e de seu agrupamento. A figura 3 ilustra um sistema de abastecimento e distribuição.

#### 3.1. Fonte de Fornecimento do Gás

As fontes de fornecimento do gás são as jazidas de gás natural e as usinas de produção de gás artificial.

##### 3.1.1. Jazidas de Gás Natural e suas Instalações

Podemos ter reservatório só de gás e de gás e

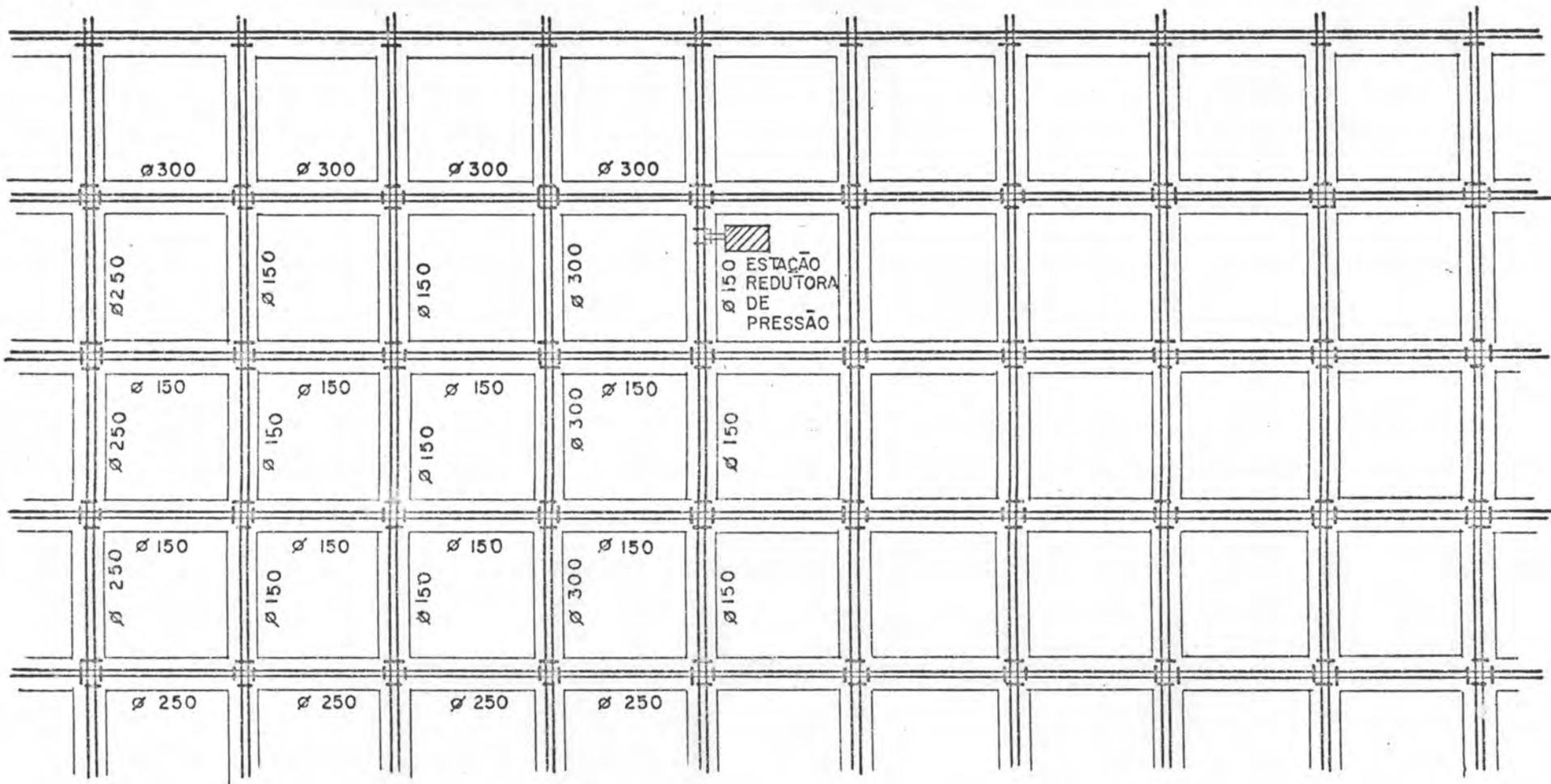


Figura 2  
Rede de Gás de Baixa Pressão (exemplo)

Fonte:  
Gás del Estado (Argentina)

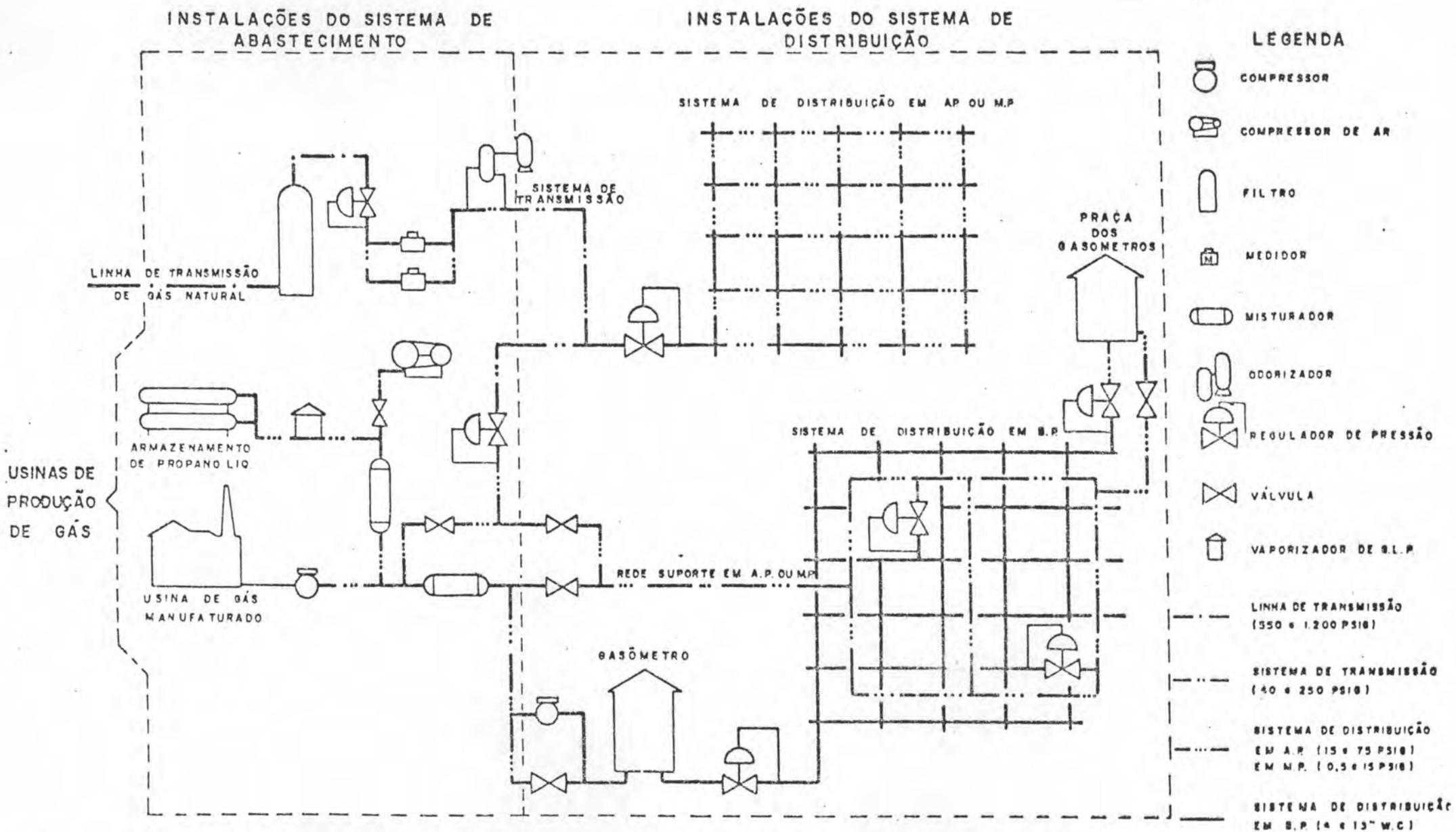


Figura 3  
 Sistemas de distribuição de gás com as fontes de abastecimento  
 Fonte\_ Engº Ademar Fernandes Araujo Instituto Brasileiro do Gás

óleo juntos. Neste último caso precisamos de um processo de se paração por pressão que será feito na estação coletora. Em de corrência do processo de separação obtemos o gás em tres está - gios diferentes (nos separadores; nos tratadores e nos tanques) e a partir daí ele é reunido em uma só corrente de gás e na mesma pressão é comprimido para dar-lhe destino.

#### 3.1.1.1. - Produção de gás livre

O gás livre é obtido dos reservatórios natu rais onde o gás se encontra sem óleo. Destes reservatórios o gás é extraído saturado de água e com impurezas o que exige um processo de purificação por pressão em cascata.

As instalações de superfície, para coletar a produção de gás livre, são bem mais simples do que as necessárias para a produção de gás com óleo associado.

Instalações de armazenamento, compressão, odorização , mistura, filtragem, etc. são instalações complementares às de fabricação e são localizadas geralmente juntas, formando um só conjunto.

#### 3.1.2. Usinas de Produção de Gás Artificial

Existem grande quantidade de matérias primas que podem ser processadas para produzir gás combustível, sendo que a COMGÁS utiliza dois sistemas para produzir gás a partir da nafta, a saber:

1º processo CRG - compreendendo as seguintes fases: pré-tra tamento da nafta, produção de gás rico , produção de gás pobre, produção de gás misto, produção de gás convertido, recuperação de calor, geração de vapor e obtenção do gás final produto.

2º processo HTR - a baixa pressão através de processamento cíclico descontínuo compreendendo as fa ses de aquecimento, purga, produção, aquecimento e assim suces sivamente.

### 3.2. Linhas de Transmissão

A transmissão do gás natural ou manufaturado é feita hoje por linhas de alta pressão em tubulações de aço com juntas soldadas e revestidas externamente como proteção contra corrosão do sub-solo.

A transmissão e armazenamento de gás baixa pressão é altamente antieconômica devido ao grande volume ocupado pelo gás. Os antigos gasômetros estão sendo gradualmente abandonados pela indústria do gás e substituídos por reservatórios tubulares à alta pressão. O reservatório tubular serve tanto como meio de transmissão do gás quanto de armazenagem. Geralmente a tubulação de diâmetro grande 0,30 a 1,80 m, é fabricada a partir de bobinas de aço, em processo contínuo, utilizando sistema de solda por arco submerso.

O processo de solda é automático e os tubos possuem um cordão de solda no sentido helicoidal com pelo menos um passe de solda interna e um passe de solda externa, sendo aplicados simultaneamente.

### 3.3. Rede Suporte

Um sistema de distribuição é composto por uma ou várias redes suporte que alimentam uma ou várias redes de distribuição, dependendo se a localidade é uma microárea ou macroárea.

As redes suporte recebem gás de:

- usinas de produção;
- estações reguladoras de pressão e de medição das linhas de transmissão, ou ainda;
- estações compressoras de instalações de armazenamento, ou equivalentes, alimentando (suportando) as estações reductoras de pressão, que por sua vez alimentam as redes de distribuição.

A rede suporte nos novos sistemas de distribuição não tem a função de fornecer gás diretamente ao consumidor através do ramal, porém nos sistemas de distribuição mais antigos, esta rede também pode fornecer gás a consumidores de médio e grande

porte (no caso da rede da COMGÁS, para cargas acima de 200 m<sup>3</sup>/h), porém sempre que possível isso é evitado a fim de não descaracterizar a rede e porque quando há fornecimento de válvulas, durante manobras de emergência, dependendo do tipo de estrutura dessa rede, alguns consumidores poderiam ter seu fornecimento interrompido.

Para poder alimentar as redes de distribuição, a rede suporte opera a níveis de pressões mais elevados que aquelas e, portanto, também apresenta a propriedade de armazenamento.

O fato da rede suporte operar à pressão mais elevada que a de distribuição, proporciona redução de custos, uma vez que há diminuição do diâmetro, relativamente à pressão da rede de distribuição.

A estrutura de uma rede suporte para microáreas:

- microáreas pode ser do tipo linear na forma de "espinha de peixe", com simples alimentação, para os casos em que a interrupção de alimentação pode não ter consequências importantes, ou com dupla alimentação para os casos de maior segurança operacional, figura 4.

Para macroáreas a estrutura da rede de distribuição suporte pode ser do tipo anelar, ou anelar dupla com dupla alimentação da linha de transmissão, ou equivalente, isto porque em uma macroárea deve-se ter segurança operacional total que impossibilite a interrupção do fornecimento. Figura 5. Os custos da rede suporte foram estudados para cada um dos modelos propostos e detalham-se mais adiante.

### 3.4. Estações Reguladoras de Pressão

Trata-se de uma série de equipamentos destinados a reduzir a pressão do gás que circula. São instaladas em todos os pontos de união entre as linhas de transmissão e as redes suporte e entre esta e a rede de distribuição.

Constituem-se assim nos pontos de união entre redes de distinta pressão.

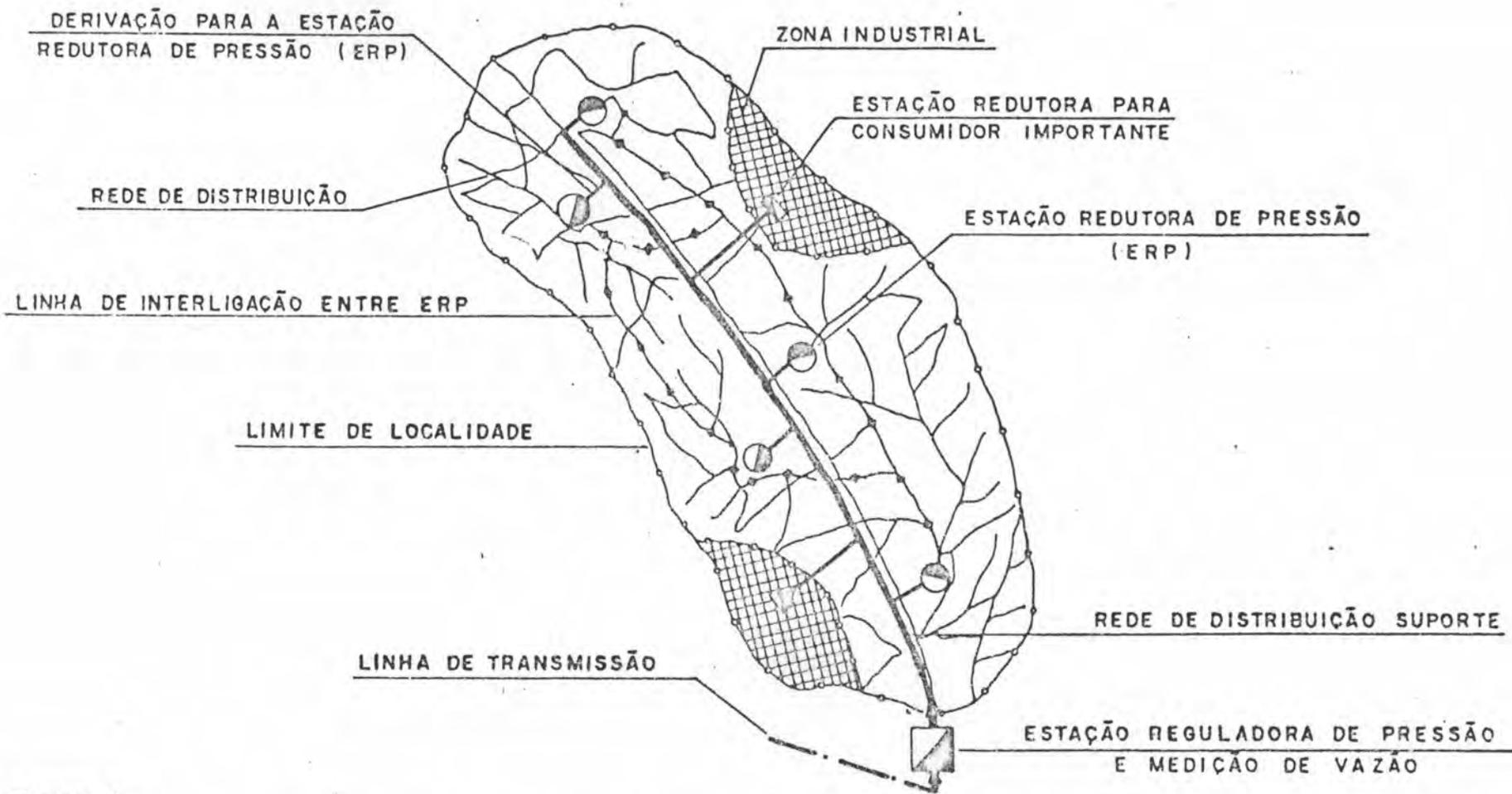


Figura 4  
 Sistema de distribuição para micro-áreas com estruturas da rede de distribuição suporte na forma de "Espinha de Peixe" e simples alimentação

Fonte : Engº Ademar Fernandes Araujo  
 Instituto Brasileiro do Gás

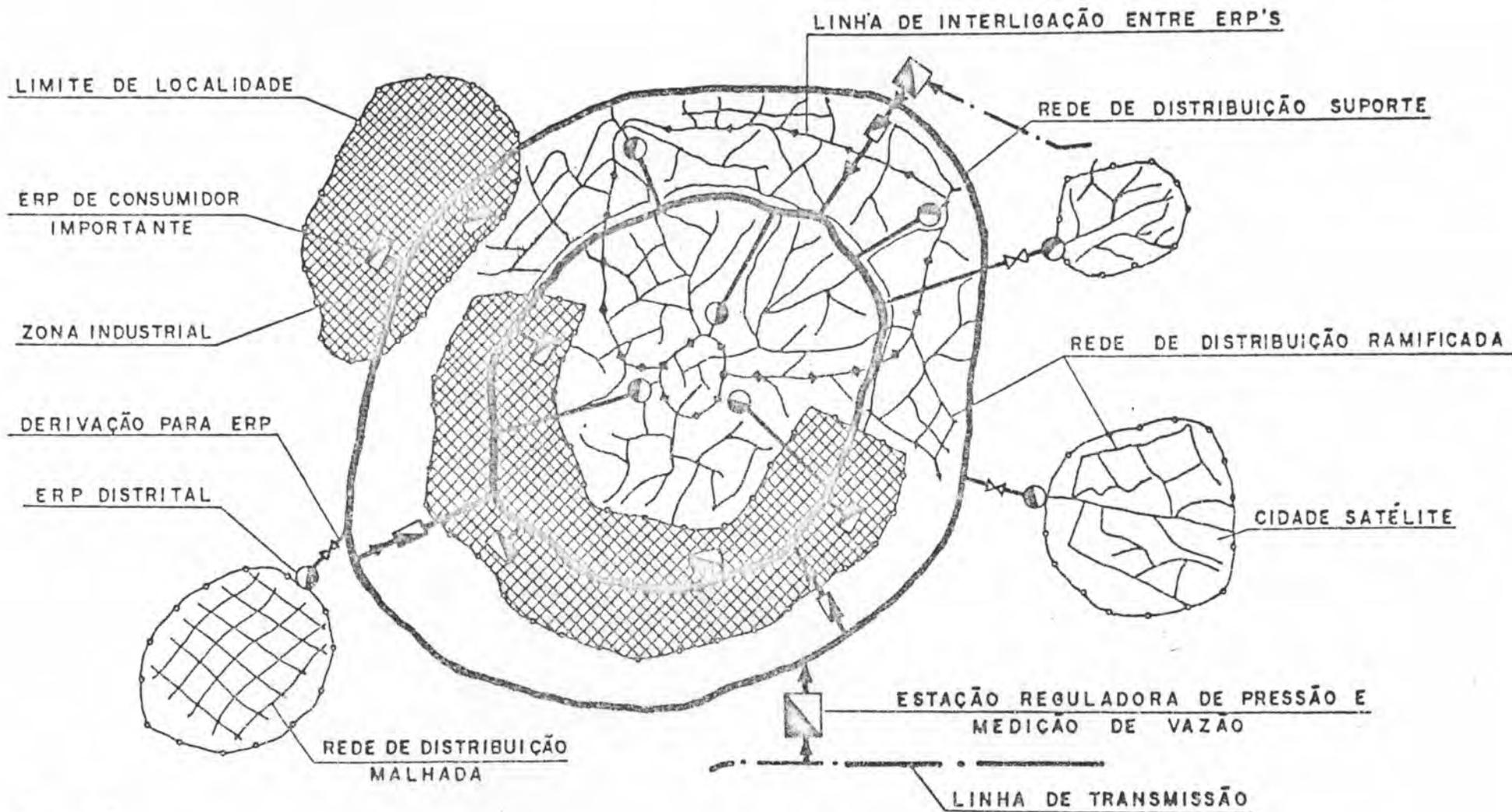


Figura 5  
 Sistema de distribuição para macro-áreas com estrutura da rede de distribuição suporte na forma anelar dupla

Fonte: Eng<sup>o</sup> Ademar Fernandes Araujo  
 Instituto Brasileiro do Gás

### 3.4.1. Unidades de regulagem das estações reguladoras

Chama-se unidade de regulagem a um conjunto de equipamentos instalados em série que permita o controle adequado da queda de pressão. Pode atender a vazão total que chega e estação ou parte dela quando dispostas em paralelo. A necessidade de disposição de unidades de regulagem em paralelo decorre de vazões previstas em projeto superiores a capacidade correspondente a uma unidade.

### 3.4.2. Poços de Concreto para as estações reguladoras de pressão

As dimensões internas recomendadas para estas câmaras como módulo básico são:

comprimento	5,00 metros
largura	2,10 metros
altura	1,80 metros

Recomendando-se:

- muros de contenção, em concreto com uma espessura de 15cm.
- laje de cobertura, com uma altura de 10 cm.
- piso, com uma laje de concreto de 10 cm sobre um lastro de brita de outros 10 cm
- A câmara será visitável para que o disporá de ferro fundido
- Para a execução dos serviços deve-se prever uma escavação maior que as dimensões externas da câmara em 40 cm de cada lado.

Cada unidade de regulagem adicional ocupa 1,10 m, sendo que câmaras com mais de duas unidades de regulagem deverão ser acrescentadas desta dimensão por cada unidade adicional colocada.

### 3.5. Rede de Distribuição

É a rede que recebe gás da (s) rede (s) de distribuição suporte e distribui para os consumidores residenciais, comerciais e industriais de pequeno porte, através dos ramais.

Normalmente as redes de distribuição têm mais de uma classe de pressão para as macroáreas e uma única classe para as

microáreas. Nos sistemas de distribuição de regiões metropolitanas, as redes de distribuição têm duas ou três classes de pressão, a saber: baixa e média pressão.

### 3.5.1. Tipos de traçados nas redes de distribuição

As redes de distribuição malhadas são empregadas principalmente para as áreas onde a distribuição contínua é rigorosamente necessária; apesar disso são as mais comuns nos sistemas de distribuição.

As redes ramificadas são mais raras, e somente são empregadas em casos de distribuição em microáreas, apesar de serem mais econômicas que as malhadas.

### 3.6. Ligações Prediais (Ramais)

Entende-se por ligação predial, o conjunto de dispositivos que têm por finalidade estabelecer comunicação entre a rede de distribuição (tubulação geral) e a instalação predial. Constitue-se de diversos trechos que normalmente operam em diferentes pressões, exceto quando trata-se de ramal de baixa pressão. Pode-se distinguir de forma geral duas partes. (figura 6)

- ramal externo
- ramal interno

O ramal externo compreende o trecho que parte da tubulação geral e chega à válvula existente na calçada para os casos de baixa pressão ou até a válvula existente no abrigo para os ramais em média e alta pressão.

Compõe-se de:

- conexão (parte que une a linha geral ao ramal mediante um "Te)
- tubulação de ferro galvanizado
- válvula (quando no passeio, localizada em uma caixa de ferro fundido).

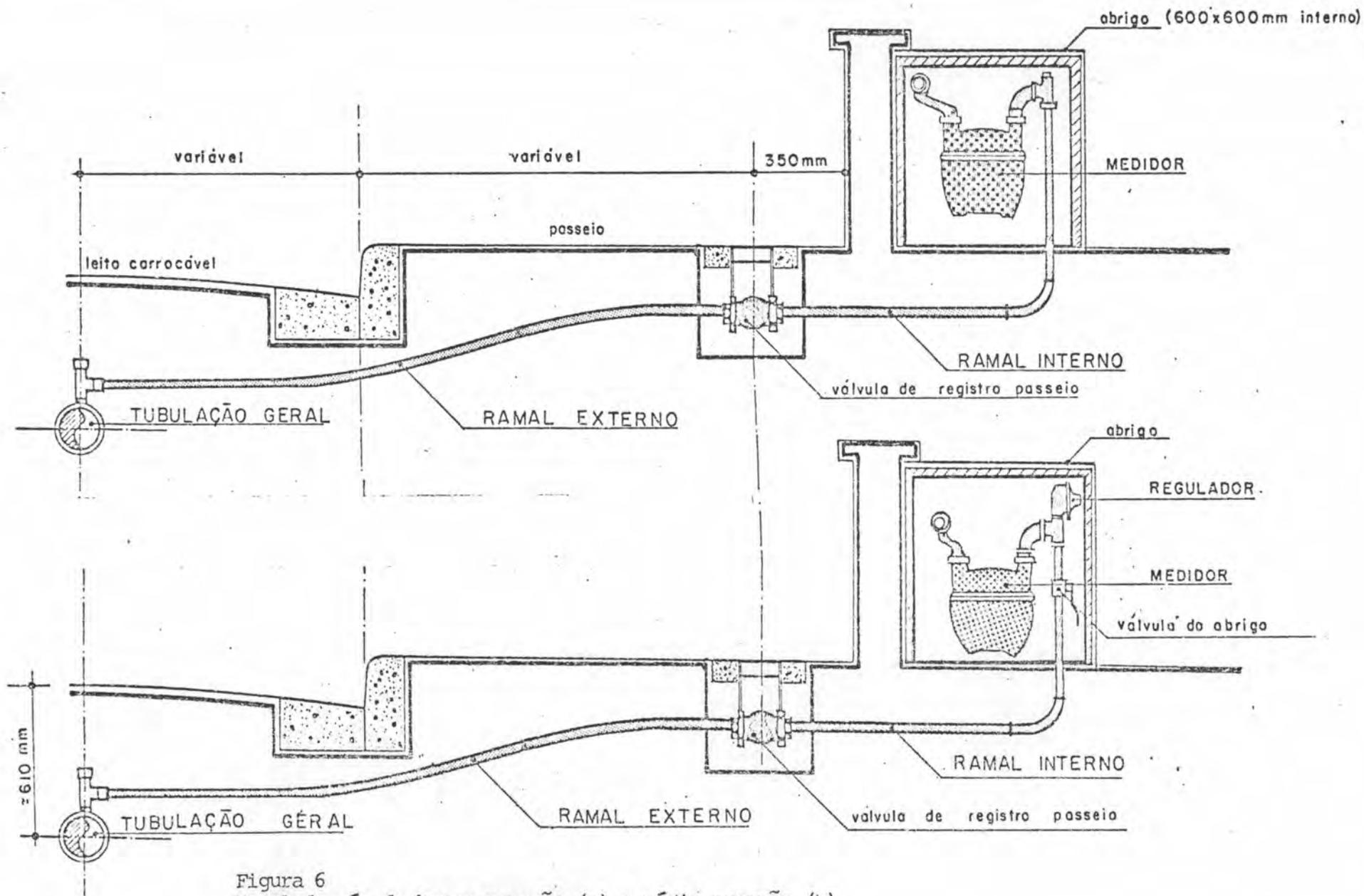


Figura 6  
 Ramal de gás de baixa pressão (a) e média pressão (b)

Fonte : Eng<sup>o</sup> Ademar Fernandes Araujo  
 Instituto Brasileiro do Gás

O ramal interno vai desde a válvula onde parou o ramal externo até o ponto de utilização de gás.

Possue como elementos básicos além da tubulação o medidor e o regulador de pressão, este utilizado nos ramais em média e alta pressão e cujas características deverá adequar-se ao tipo de gás servido e a forma de utilização deste.

### 3.6.1. Custos

3.6.1.1. Custos fixos: tratam dos equipamentos, a saber: regulador de pressão, medidor de vazão, válvulas de gaveta, caixa de ferro fundido, união com assento cônico, cotovelos, curvas, "tes", luvas e plugs.

3.6.1.2. Custos variáveis: quantificação dos materiais e serviços, a saber: fornecimento e assentamento de tubos, escavação e reaterro compacto, eventual rompimento de pavimentação e consequente reposição.

Os custos de implantação da ligação domiciliar estão vinculados a um conjunto de situações particulares decorrentes da disposição urbana ou de critérios de projetos específicos da rede de distribuição. No trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura nas Cidades de Porte Médio" do Grupo de Economia e Racionalização da Construção, págs. 93 a 109, encontramos a incidência dos custos fixos, variáveis e dos de implantação nos custos totais das ligações prediais.

### 3.6.2. Incidência da Parcela Correspondente a Ligações Prediais nos Custos Totais da Rede de Gás Canalizado

Para incorporação dos custos relativos a ligações prediais, naqueles decorrentes das demais partes da rede, procedeu-se de forma determinística. Procurou-se, no entanto, assumir valores que da melhor forma refletissem a realidade de nossa estrutura urbana e a prática comum referente a critérios técnicos, quando da elaboração de projetos.

Depois de comparar os custos para diferentes situações (tabelas I e II) julgou-se ponderável, dado ao nível a que se põe o trabalho, a adoção dos seguintes valores.

- Tubulação geral posicionada no terço da rua.
- Largura total da rua igual a 15 m.
- O diâmetro do ramal tomou-se como igual a 1.1/4.
- Posicionamento da tubulação no terço do leito carroçável.
- Custo médio de ligações longas e curtas.

Tais considerações são plenamente aceitáveis, dado a sua ocorrência na maioria das ligações executadas pela Comgás, na cidade de São Paulo.

Uma vez fixados os custos por ligação (com e sem levantamento e verificação de pavimento), foi necessário definir o procedimento de incorporação desse valor nos custos totais, ou seja, o número de ligações por unidade de área, para as diversas características dos modelos propostos.

Consultou-se, então as exigências da lei de zoneamento do município de São Paulo, quanto ao uso e parcelamento do solo. Restringiu-se, nesta etapa, a amplitude do trabalho a índices referentes a zonas residenciais ou comerciais, ou seja:

- Ocupação Residencial máxima - 60%
- Lote Mínimo (desmembramento) - 250 m<sup>2</sup>

Pode-se facilmente, a partir desses dados chegar-se ao número máximo de ligações por unidade de área (24 ligações/hectare). É evidente, por outro lado, que lotes médios maiores ou menores percentuais de unidades servidas pelo sistema levam a uma redução do valor acima citado. Constatou-se, também, que para altas densidades as dimensões do lote médio tende a aumentar levando o número de ligações não superior a 12 por hectare, de outra forma são raras as situações urbanas que levam a valores superiores a 20 ligações por hectare.

Adotou-se, então, para cômputo dos custos de ligações prediais o valor de 15 ligações por hectare ( $\emptyset$  - 1"), independentemente, da densidade, hipótese esta que acompanha valores

POSICIONAMENTO DA REDE NA VIA PÚBLICA	LARGURA DE RUA SUPERFÍCIE (m)		11		15		19	
	LEITO	PASSEIO	LIGAÇÃO		LIGAÇÃO		LIGAÇÃO	
			CURTA	LONGA	CURTA	LONGA	CURTA	LONGA
	*	*	1.837,77	1.962,20	1.917,76	2.095,53	1.997,76	2.228,85
	**	*						
	**	**	2.163,53	2.547,99	2.371,30	2.919,74	2.579,07	3.292,04
	*	*	1.819,89		1.873,32		1.926,65	
	**	*						
	**	**	1.952,59		2.039,07		2.125,55	

LEGENDA \* - (SEM PAVIMENTO)

\*\* - (COM PAVIMENTO)

Tabela I - Custo da ligação ( $\varnothing = 1.1/4"$ ) para diferentes situações.

POSICIONAMENTO DA REDE NA VIA PÚBLICA	LARGURA DE RUA SUPERFÍCIE (m)		11		15		19	
	LEITO	PASSEIO	LIGAÇÃO		LIGAÇÃO		LIGAÇÃO	
			CURTA	LONGA	CURTA	LONGA	CURTA	LONGA
	*	*	1.574,77	1.675,60	1.639,59	1.783,62	1.704,40	1.891,65
	**	*	1.574,77	1.675,60	1.626,63	1.697,35	1.704,40	1.891,65
	**	**	1.900,54	2.261,34	2.093,13	2.607,83	2.285,72	2.955,34
	*	*	1.560,37		1.603,58		1.646,79	
	**	*	1.560,37		1.603,58		1.646,79	
	**	**	1.692,97		1.769,33		1.845,69	

LEGENDA \* - (SEM PAVIMENTO)

\*\* - (COM PAVIMENTO)

Tabela II - Custo da ligação ( $\phi = 1''$ ) para diferentes situações.

já assumidos, no tocante a percentuais de habitações servidas, em outras redes. A tabela III apresenta os resultados obtidos.

### 3.7. Custos de Transmissão

Existem duas alternativas básicas para o transporte de gás natural: por navios tanques e por gasodutos. O primeiro apresenta grande flexibilidade não só quantitativa como geograficamente, enquanto o transporte por gasodutos possui alto grau de rigidez tanto geograficamente como de capacidade e requer grande investimento inicial compensado por um menor custo de operação, quando para transporte de grandes volumes.

A figura 7 apresenta curvas que relacionam os custos de investimento inicial e de operação de transporte em função do volume fornecido de gás para diferentes distâncias de transporte.

A curva "A" representa uma curva de igual investimento para diferentes distâncias e volumes transportados; acima da curva o transporte por navio tanque é mais econômico, abaixo da curva o sistema mais econômico é através de gasoduto.

A curva nos mostra que a medida que a quantidade a transportar aumenta o sistema de transporte por navios perde economicidade em favor dos gasodutos, mas, para distâncias superiores aos 1.000 ou 1.300 km o transporte por navios tanque do ponto de vista do custo inicial é o mais econômico dos dois sistemas para qualquer volume transportado.

A curva "B" mostra o resultado de outro estudo que coloca a economicidade dos navios tanques para distâncias compreendidas entre 2.500 e 4.000 km, baseados nos custos de transportes.

Provavelmente 1.000 km seja um valor muito baixo e 4.500 km um valor muito alto; a única conclusão firme que pode ser feita é que os gasodutos é a mais barata forma de transporte terrestre.

POSICIONAMENTO DA REDE NA VIA PÚBLICA	LARGURA DE RUA (m)		11		15		19	
	SUPERFÍCIE		CUSTO MÉDIO LIGAÇÃO	CUSTO TOTAL HECTARE	CUSTO MÉDIO LIGAÇÃO	CUSTO TOTAL HECTARE	CUSTO MÉDIO LIGAÇÃO	CUSTO TOTAL HECTARE
	LEITO	PASSEIO	CR\$	CR\$	CR\$	CR\$	CR\$	CR\$
	*	*	1.899,99	28.499,78	2.006,65	30.099,68	2.113,31	31.699,58
	**	*						
	**	**	2.355,76	35.336,40	2.645,52	39.682,80	2.935,56	44.033,35
	*	*	1.819,89	27.298,35	1.873,32	28.099,80	1.926,65	28.899,75
	**	*						
	**	**	1.952,59	29.288,85	2.039,07	30.586,05	2.125,55	31.883,25

Legenda \* - (SEM PAVIMENTO)  
\* \* - (COM PAVIMENTO)

SITUAÇÃO DA SUPERFÍCIE	CUSTOS/HECTARE ADOTADOS
	(Cr\$)
LEITO E PASSEIO NÃO PAVIMENTADO	30.099,68
LEITO E PASSEIO PAVIMENTADOS	39.682,80

Tabela III - Custos finais de implantação de ligações prediais.

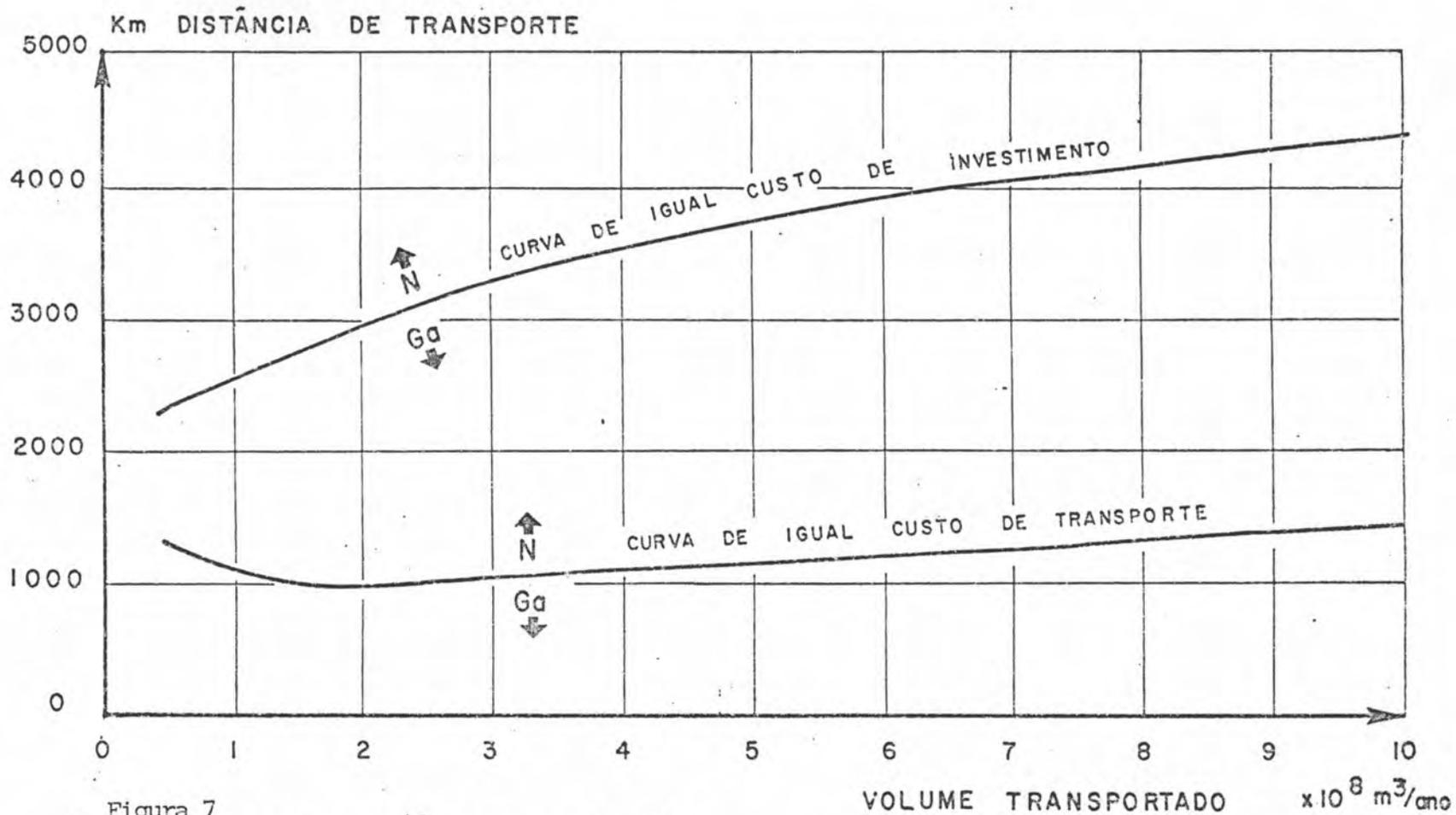


Figura 7  
Curvas de igual custos de transporte de gás

Fonte: Desol and, Verret "Problemes et Perspectives du Gás Natural." Comuaté Europeenne Economique  
Bruxelas 1956

Nota: N - navio tanque      Ga - gaso-ducto

Que os dois sistemas funcionam como alternativos naqueles casos que se trate de transporte ao longo da beira mar nestes casos as distâncias que fariam mais econômico um sistema ou outro estariam entre 1.500 e 2.500 km (distâncias menores de 1.500 km seria conveniente o transporte por gasodutos e distâncias maiores que 2.500 km seria mais conveniente o transporte por navios). Para transporte intercontinental, não só pelas distâncias como também pelos custos que implicariam na construção de gasodutos submarinos, fazem do transporte por navio o único sistema economicamente viável.

As análises, mostraram que a liquefação, armazenagens e todas as facilidades de docas, em ambos os sistemas podem ser estimadas em aproximadamente 50% do custo final do combustível, o custo de transporte, seja navio ou gasoduto em 40% e o custo de extração 10% do total (antes da elevação dos custos do petróleo). Ainda se comparamos o custo do gás com outros sistemas energéticos viáveis para uso domiciliar, veremos que este resulta mais econômico. (figura 8).

#### IV. DISCUÇÃO DOS MODELOS DE REDES ESTUDADOS

Para o estudo das variáveis de custo da rede, em relação as variáveis, que possam ser significativas, conceberam-se "modelos" que abrangem de forma muito ampla as situações particulares das cidades de Porte Médio do Estado de São Paulo.

Os modelos assim delineados permitiram analisar racionalmente as variáveis influentes, além de permitir destacar aquelas de pouca incidência nos custos finais.

Os traçados urbanos adotados na maioria dos modelos são do tipo xadrez, mas foram também estudados quarteirões normais de forma a verificar as possíveis economias decorrentes deste último tipo de traçado urbano.

As variações mais importantes contidas nos modelos referem-se a densidade, tamanho de área servida e tipo de organização da rede de gás.

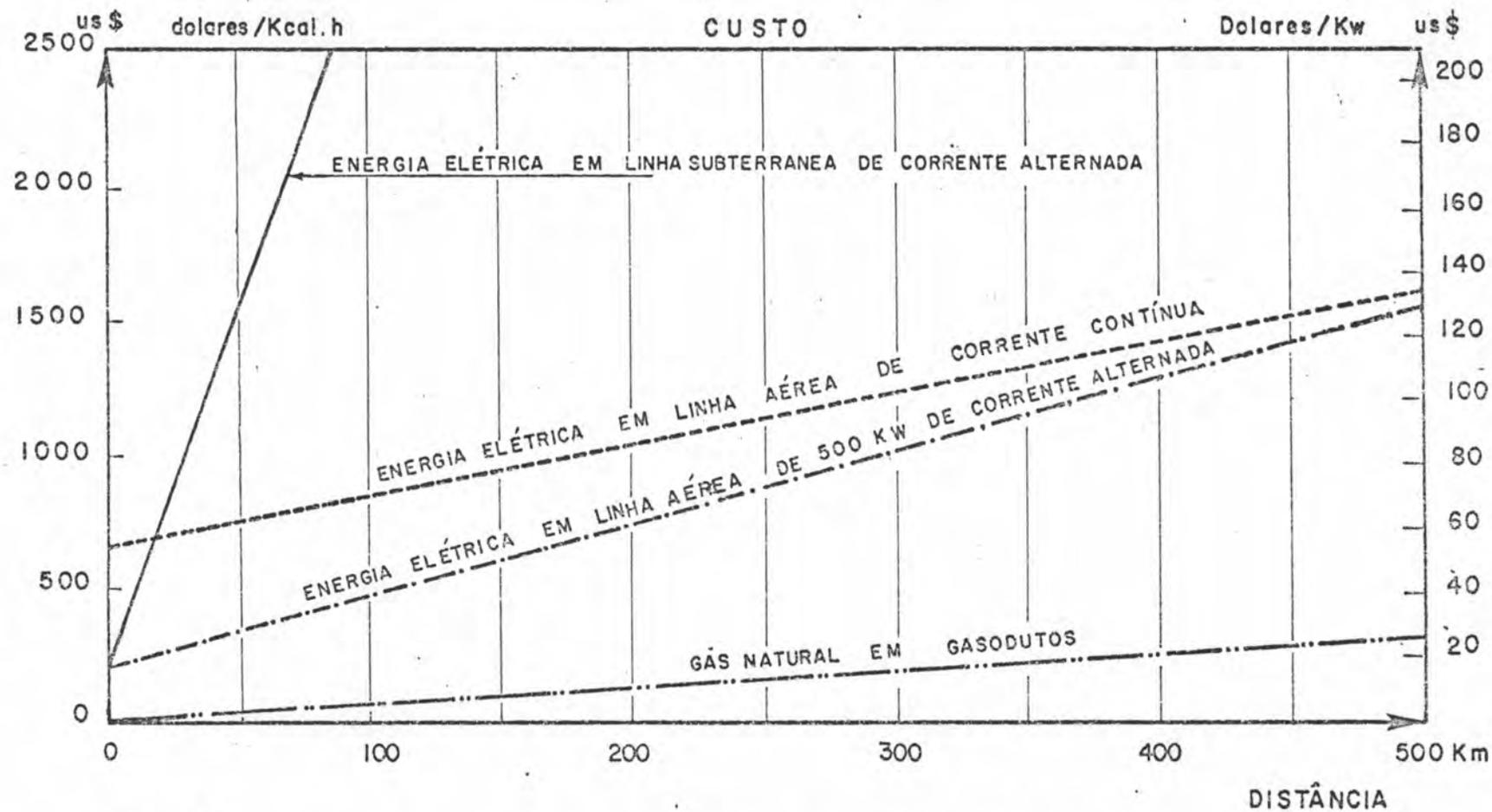


Figura 8  
Custos de energia de gás natural em comparação com energia Elétrica para diferentes distâncias

A localização das estações reguladoras foi atribuído ao centro das áreas ou sub-áreas. Sabe-se que, na realidade, a localização destas estações muitas vezes está longe do centro das áreas, mas deve-se na maioria dos casos, a situações conjunturiais alheia da lógica.

Foram estudados 80 modelos básicos com um módulo de distribuição cada um. Neles foram variados ordenadamente o esquema de traçado da rede, tipo de gás a distribuir, tipo de traçado viário da cidade, área a servir e densidade habitacional. Na tabela XXX detalham-se as características de cada um dos modelos estudados.

Foram estudados 48 modelos adicionais onde foram combinados os módulos básicos. Esta combinação permitiu a introdução da rede suporte e deu a possibilidade de estudar uma possível influência da forma nos custos de distribuição. (vide trabalho "Estudo dos Custos de Infraestrutura nas Cidades de Porte Médio" do Grupo de Economia e Racionalização da Construção da FAUUSP, cap. IV, pág. 119).

#### V. CUSTOS DAS REDES DOS MODELOS

Tomou-se como norma para o levantamento dos custos para os sistemas de distribuição de gás encanado, assim como para as demais redes a utilização de preços referentes a janeiro de 1977, nos quais se inclui encargos sociais indiretos e os quais são dados em dollar com cotização no valor de Cr\$ 12,55.

Os custos dos serviços necessários para a instalação de um metro de tubulação, os custos da tubulação instalada (com e sem rotura de pavimentação), os custos da rede secundária dos modelos, e os custos da rede completa combinando módulos, podem ser encontrados no trabalho citado acima, págs. 151 a 173.

## VI. CORRELAÇÃO DOS CUSTOS DESTA REDE COM DIVERSAS VARIAVEIS DE INTERESSE

Os custos desta rede foram correlacionados com aqueles variáveis que tinham possibilidade de nelas inferir. São elas tipo de traçado da rede de gás, tamanho dos módulos da rede secundária, tipo de gás a distribuir, tipo de traçado urbano, forma da cidade e influência da existência ou não dos pavimentos na implantação da rede.

A primeira variável é concretamente uma variável de engenharia e refere-se ao critério empregado para traçar as redes primárias e secundárias. A comparação dos critérios lógicos , nos dará a base para escolher os restantes modelos a estudar.

A segunda variável leva em consideração como compatibilizar duas redes (uma primária até as estações reguladoras e outra secundária desde as estações reguladoras até os usuários). Módulos maiores de uma rede secundária levam a uma rede primária mais aberta econômica. Porém ao aumentar estes módulos farão redes secundárias cada vez mais antieconômicas. Trata-se então de achar um ponto de equilíbrio entre os custos da rede primária e os da rede secundária. É como a anterior uma variável de engenharia.

A terceira variável estudada é a que leva em consideração o tipo de gás a distribuir na área a servir. Como foi indicado ao início deste trabalho, existem numerosas alternativas de gases a ser estudados. Cada tipo de gás tem um determinado poder calorífico, portanto os volumes de gás a distribuir são inversamente proporcionais (para pressões iguais) a seus poderes caloríficos.

Neste trabalho foram estudados dois tipos de gases (os mais comuns no Brasil): gás liquefeito de Nafta e propano misturado com ar, sendo comparados seus custos de distribuição.

A quarta variável é tipicamente de planejamento urbano e quando os engenheiros começam a estudar a rede de gás ela normalmente está totalmente definida. Refere-se ao traçado dos

quarteirões; compara a clássica divisão em xadrez com frentes de lotes para todas as ruas, com o que se conhece como quarteirão normal com frentes só para dois sentidos.

A quinta variável é tipicamente de planejamento urbano e refere-se a forma da cidade e sua possível influência nos custos desta rede.

A última variável é de planejamento na execução das redes de uma cidade. A rede de gás é subterrânea, se ela é construída depois dos pavimentos havendo maiores custos pelas rupturas e reconstruções necessárias. Esta última variável trata desses incrementos de custos.

Em continuação analisaremos uma por uma as variáveis antes mencionadas.

#### 6.1. Tipo de Traçado da Rede

São duas as alternativas básicas para compor a rede, partindo-se do módulo de forma quadrada.

Uma primeira alternativa é com a rede principal seguindo os diagramas do quadrado e os ramais da rede secundária normais a ela, com comprimentos variáveis, crescendo desde o centro da cidade até um máximo e decrescendo novamente na medida que nos aproximamos ao extremo da rede primária (figura 26).

Uma segunda alternativa é a rede principal, fazendo uma cruz, partindo do centro do módulo e ramais paralelos aos lados do módulo.

Economicamente temos que a variação entre as duas alternativas é muito pequena e desprezível.

#### 6.2. Tamanho dos Módulos na Rede Secundária

Trata-se neste caso de estudar como variam os custos de ambas as redes quanto ao tamanho dos módulos. É lógico pressupor que uma cidade servida com muitos módulos pequenos de re

de secundária terá um custo pequeno para este tipo de rede, ao invés uma cidade servida por poucos e grandes módulos de rede secundária fará descer o custo da rede primária mas os correspondente a secundária crescerão compensando a suposta economia.

É lógico pressupor que existe um tamanho de módulo que faz mínimo o custo total (rede primária, secundária e estações reguladoras).

Para estudar esta variável foram calculados os custos para módulos de 49, 81, 169 e 289 ha. e densidade de 75, 150, 300 e 600 hab/ha., os 16 modelos dão informação clara de que praticamente com independência da densidade, os custos mínimos a parecem no entorno 80 hectares por módulo. Áreas menores de 80 hectares são anti-econômicas pelo alto custo da rede primária e das estações reguladoras; áreas maiores de 80-100 hectares são antieconômicas pelo alto custo da rede secundária, que com presões menores que a primária precisa de maiores diâmetros, para transportar a mesma quantidade de calorías.

Levando-se a custos por habitação esta variável é relativamente pequena em comparação com as variações com a densidade.

### 6.3. Comparação entre Rede de Gás de Nafta e de Propano-Ar

Os custos das redes são função de seus comprimentos e do diâmetro das tubulações. As alterações de traçado influen-  
ciam os comprimentos e diâmetros. O tipo de gás a distribuir com poderes caloríficos variáveis influenciam os diâmetros das tubulações.

O gás de propano mesmo que misturado com ar tem mais poder calorífico que o gás de nafta e, conseqüentemente, um custo de distribuição por rede menor.

A economia média que se obtém numa rede com distribuição de propano ar em comparação de uma rede de gás de nafta é de 12%, o que não deixa de ser significativo.

Deve-se levar em consideração que a economia não é uniforme; ela é pequena em densidade pequena, mas, cresce com o aumento de densidade. A razão é que para densidades pequenas uma grande parte dos custos de ambas as redes está dado sô pelos seus comprimentos, desde que a grande maioria das tubulações empregadas em ambos os casos deve ser de 5 mm (2") que é o diâmetro mínimo admissível. Quando a área aumenta de densidade os de gás a transportar devem aumentar como consequência e então o maior poder calorífico de um deles em comparação com outro se faz sentir cada vez mais. Isto faz que as redes de propano sejam aconselháveis para conjuntos habitacionais de alta densidade, (blocos de apartamento), mais ou menos afastados dos centros das cidades, onde o custo da central fica compensado pela economia na execução de um gasoduto as diferenças de custos podem-se ver na figura 9.

#### 6.4. Comparação de Custos entre Traçados para Xadrez e para Quarteirão Normal

O traçado em xadrez é o típico traçado das cidades de porte médio de todo o Estado de São Paulo ( e do Brasil); com esse tipo de traçado os lotes têm frentes para todas as ruas e o brigam a que as redes sejam malhadas fechadas percorrendo todas as ruas. Como alternativa deste tipo de traçado foram propotas pelos planejadores urbanos uma série de alternativas, que, mais do ponto de vista das redes de serviços encanados são assimiláveis ao traçado em quarteirão normal, onde os lotes tem frentes sô em dois sentidos (opostos).

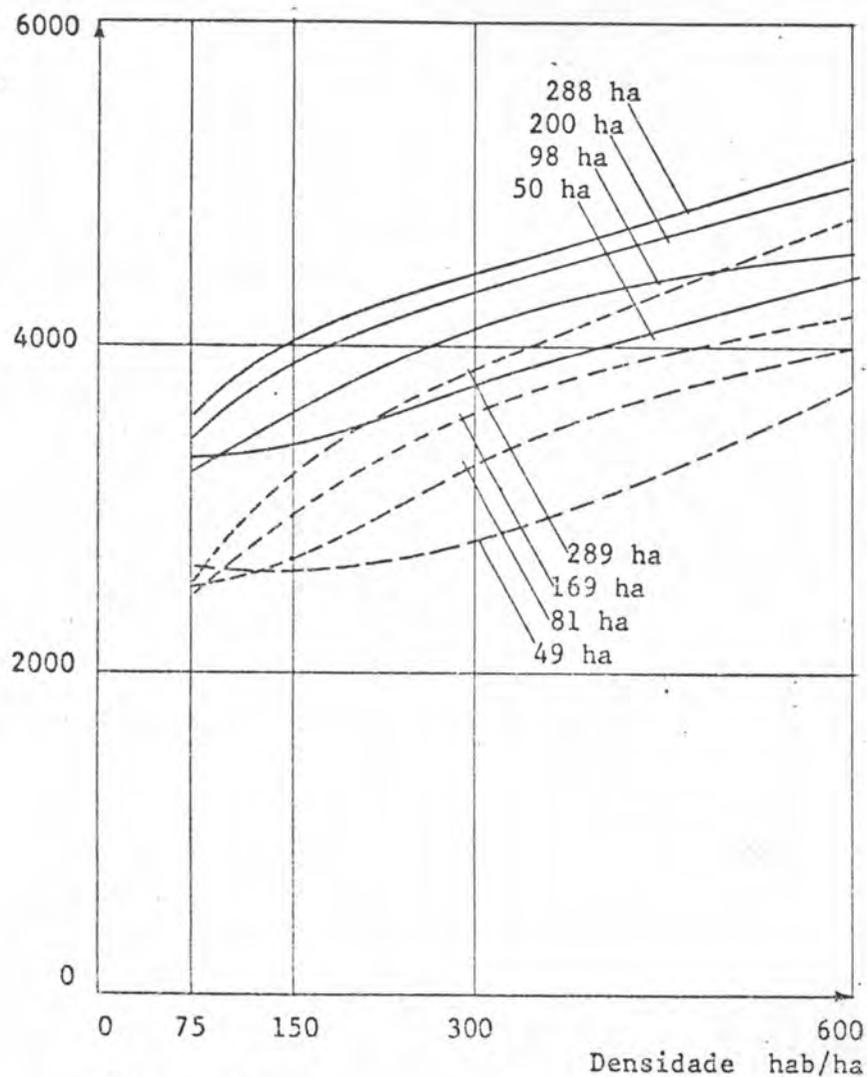
Como pode-se supor este tipo de traçado e seus similares geram uma economia nos custos das redes bastantes importantes, como pode ser analisado através da figura 10.

A economia média que pode-se obter com traçado em quarteirão normal frente ao xadrez é de 20%, mais esta economia tende a ser maior nas áreas de baixa densidade que nas de alta densidade.

#### 6.5. Influência da Forma das Cidades nos Custos da Rede

Frequentemente tem-se a impressão, que os custos das

Custo/ha US\$



Custo/ha US\$

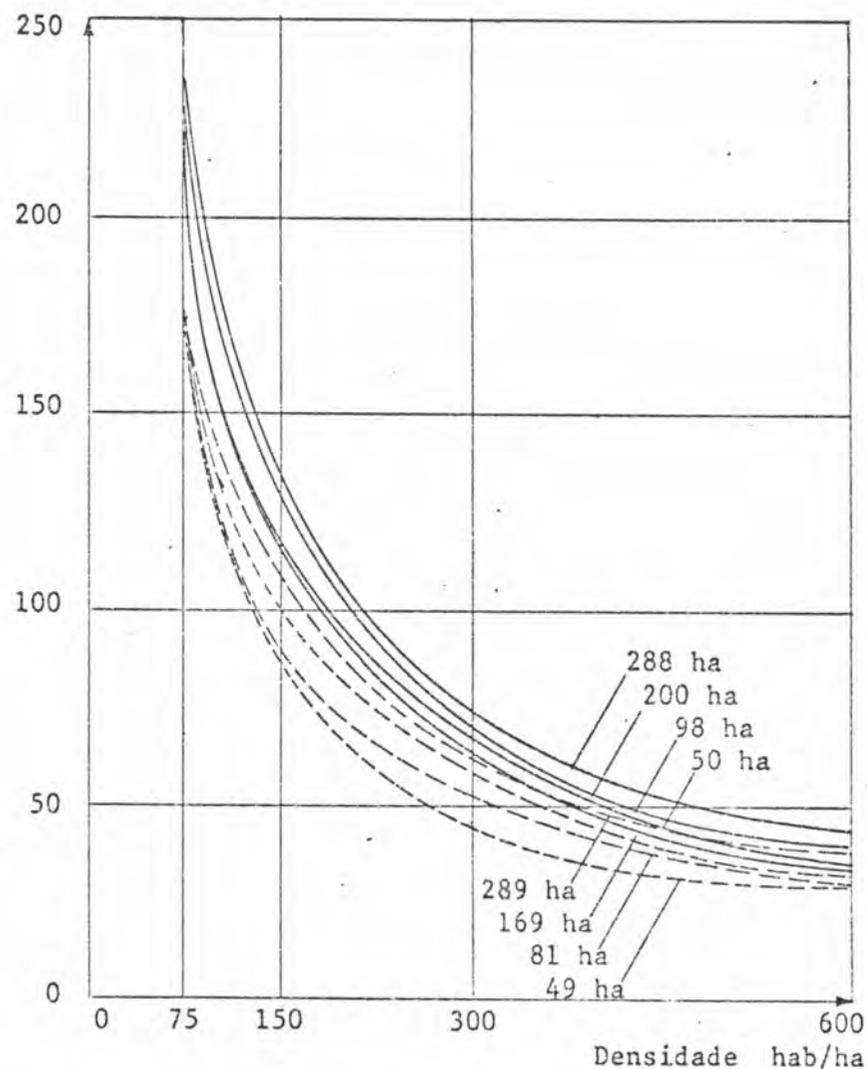


Figura 9

Comparação dos custos das redes por tipo de gás em função da densidade habitacional

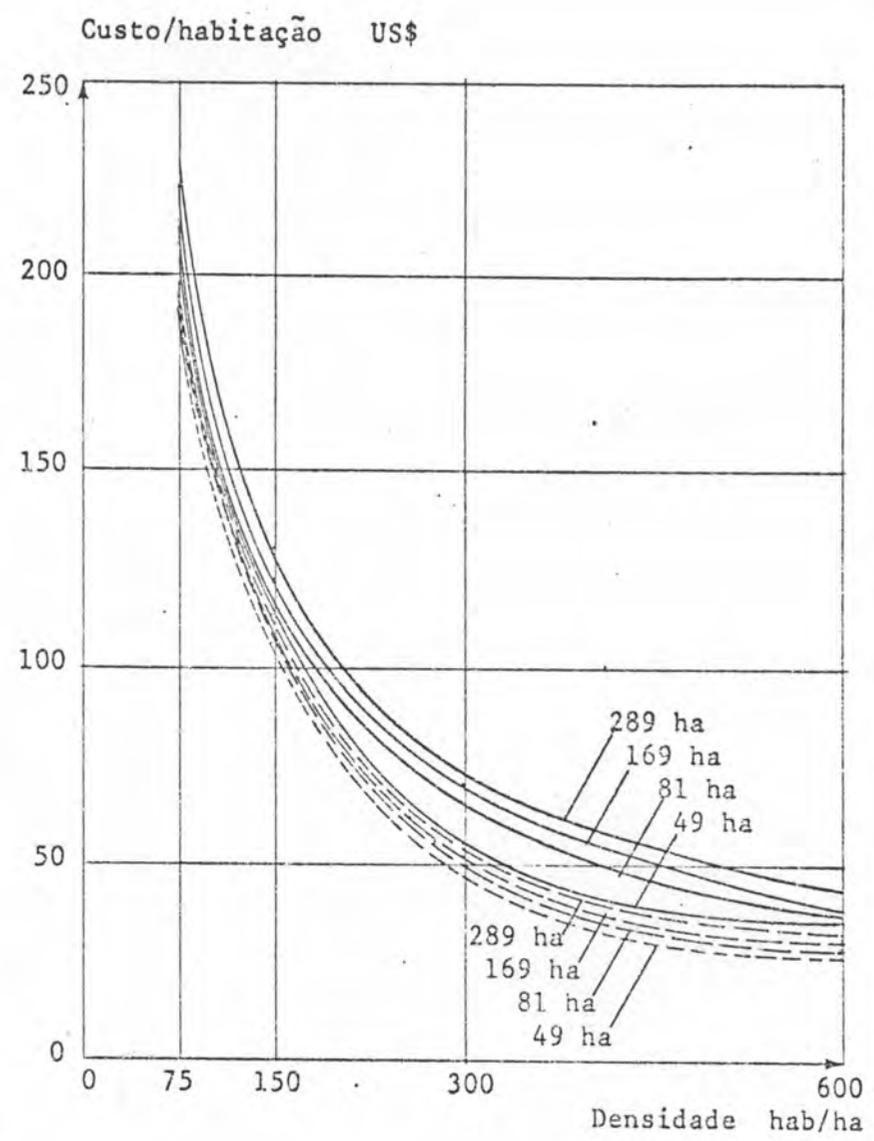
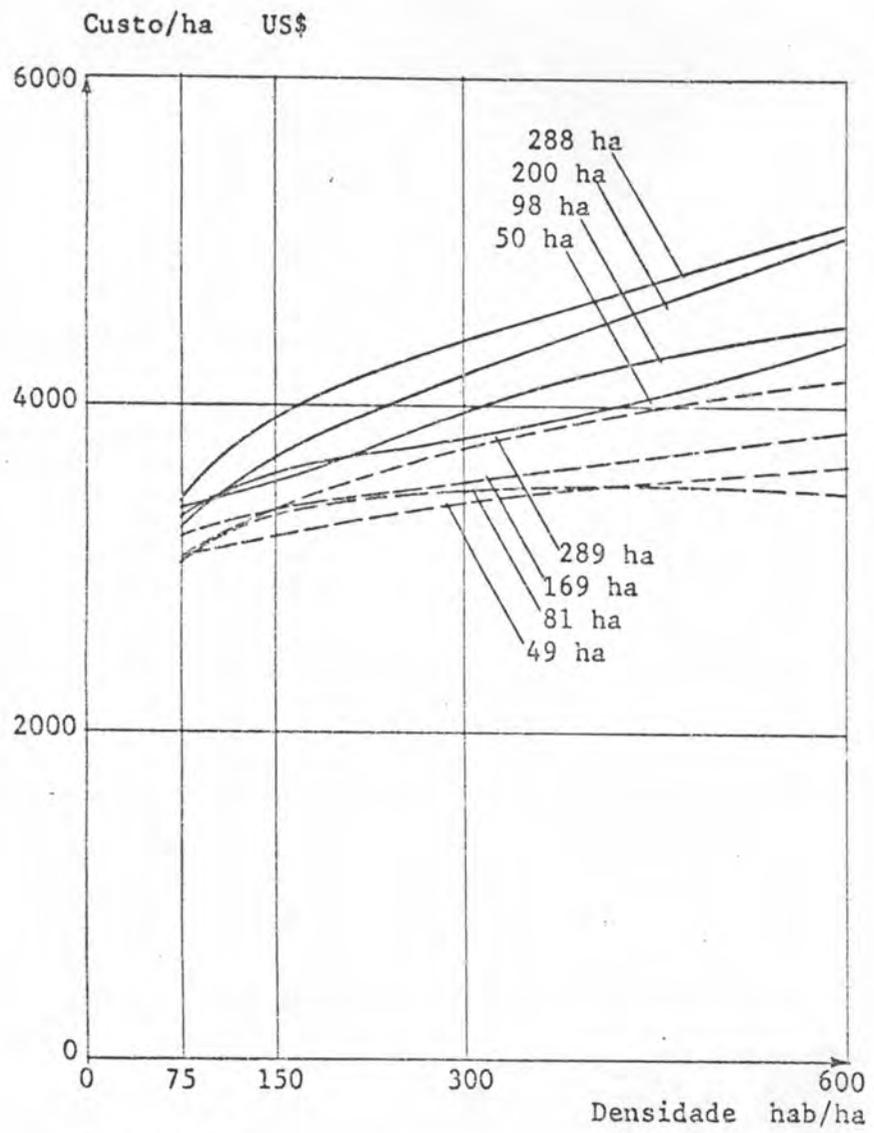


Figura 10  
 Comparação de custos das redes em função do tamanho do módulo e da densidade para traçados vários em Xadrez e Quarteirão

redes crescem muito quando as cidades se fazem mais alongadas. Esta é a razão pela qual foram compostos módulos quadrados de relação 1 x 1 até composições de formas alongadas 1 x 3, passando por 1 x 1,5 e 1 x 2.

Os resultados das comparações de custo aparecem na figura 11, onde pode-se deduzir que se a forma da cidade tem influência nos custos desta rede ela é muito pequena e desprezível frente a outras variáveis.

As curvas não mostram nenhuma tendência clara podendo-se dizer que esta variável não deve ser levada em consideração.

#### 6.6. Influência dos Custos de Repavimentação na Rede

Normalmente esta rede é construída quando, o processo de urbanização está adiantado e posterior à pavimentação de ruas e passeios. E também para que tenha uma boa rentabilidade é preciso ter um alto consumo e para este uma densidade mínima.

Na tabela IV, são calculados os incrementos de custos que podem-se esperar (aproximadamente de 45 a 50%) por construir esta rede logo pavimentar ruas e passeios. O aumento é tão significativo que faz duvidar se o critério da postergação desta rede é lógico, ou deveriam-se estudar alternativas intermediárias como, por exemplo, todas as tubulações e ramais que devem ser colocados embaixo das ruas antes da pavimentação e deixar as conexões domiciliares para o momento que realmente sejam necessárias.

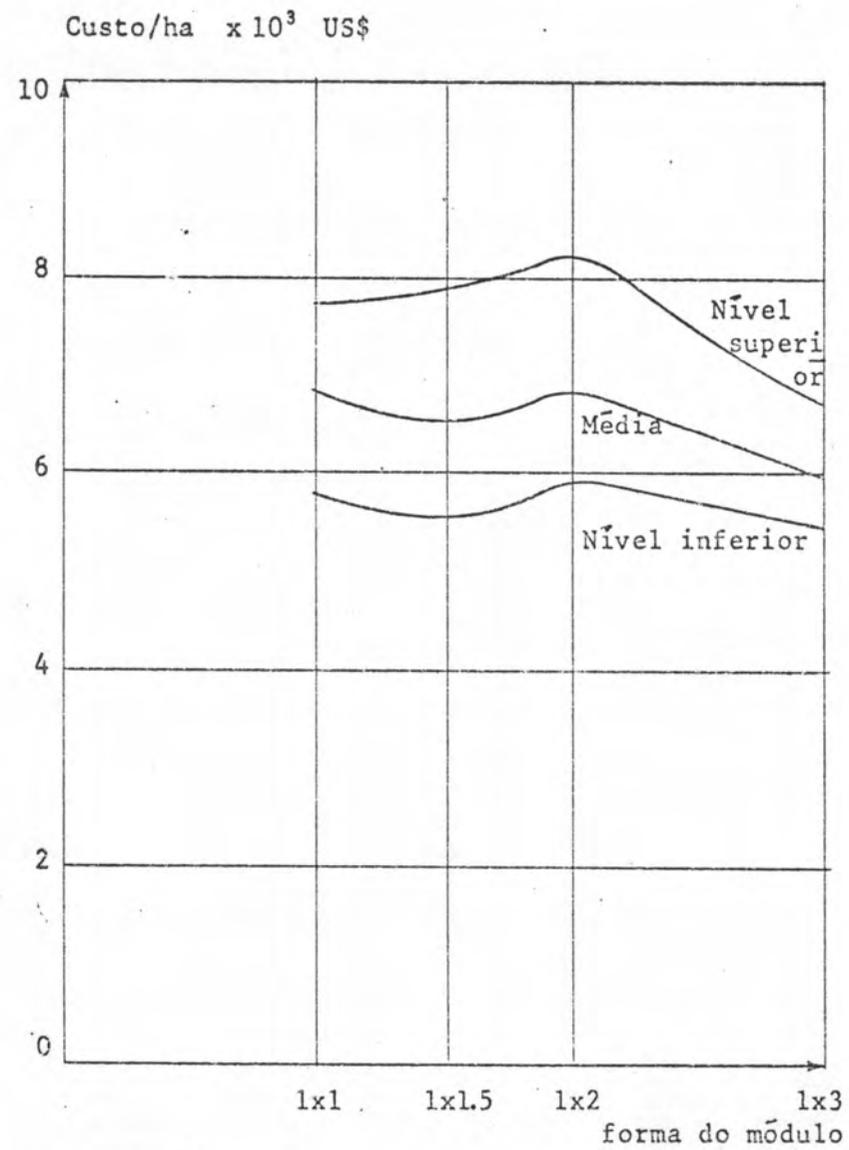


Figura 11  
 Variação dos custos das redes em função da forma da cidade

MODELO Nº	CUSTO DA REDE POR HABITAÇÃO SEM PAVI MENTAÇÃO	CUSTO DA REDE POR HABITAÇÃO COM PAVI MENTAÇÃO.	DIFERENÇA EM	DIFERENÇA (AUMEN TO) EM PORCENTAGEM
	Cr\$	Cr\$	Cr\$	%
1.33	5.030	7.746	2.716	54,0
2.34	2.625	3.924	1.299	49,5
3.35	1.391	2.045	654	47,0
4.36	769	1.091	322	41,9
6.34	2.750	4.078	1.328	48,3
10.34	2.894	4.230	1.336	46,2
AUMENTO MÉDIO			1.276	47,8

Tabela IV : Aumento de Custo Por Habitação pela Existência de Pavimentação previa à Construção da Rede de Gás.

CUSTO DE CONJUNTO DAS REDES DE  
SERVIÇOS URBANOS E SUAS  
REPERCUSSÕES A NÍVEL MACRO ECONÔMICO

CUSTO DE CONJUNTO DAS REDES DE SERVIÇOS URBANOS E SUAS  
REPERCUSSÕES A NÍVEL MACRO-ECONÔMICO

1) Variações do Custo de Conjunto das Redes

Até aqui temos estudado cada uma das redes de forma separada. Vimos as variações de custo de cada uma delas em função dos parâmetros que nelas interferem.

Nos sucessivos estudos vimos que inclinações do terreno, assim como sua resistência (dentro de certos limites lôgicos), assim como a forma da cidade e da bacia ou sub-bacia tem influências muito pequenas. Ficam, assim, em jogo, somente 2 variáveis importantes que são determinantes no custo das redes por habitação servida. São elas: o tipo de traçado viário que se adote (xadrez ou quarteirão normal e suas possíveis variantes) e a densidade habitacional.

O tipo de traçado mais comum é o em xadrez. Como vimos no decorrer de todos os estudos, este tipo de traçado implica num acréscimo no custo das redes da ordem de 20 a 30% , dependendo do caso, com relação àqueles traçados onde as frentes dos lotes sempre estão num mesmo sentido. É o que ocorre no caso do traçado tipo "espinha de peixe", no qual se tem uma rua principal, dela saindo as secundárias mais ou menos normais a ela e, normalmente, sem saída; os lotes dão para estas ruas e têm assim, geralmente, suas frentes paralelas.

Neste caso as redes de serviço sõ passam pelas vias secundárias, com uma economia de percurso da ordem de 40 a 50 % com uma conseqüente economia nos custos de ordem de 30 a 40%. Esta concepção de traçado, tem como vantagem adicional que as vias principais de trânsito deverão ser abertas em raras ocasiões, pois nelas somente haverá algumas tubulações mestras. São as vias secundárias que conterão a maior parte das tubulações, principalmente as de distribuição domiciliar que são onde as rupturas para conexões e reparações mais frequentemente ocorrem.

O traçado em xadrez, que herdamos do período colonial quando às redes de serviços urbanos não existiam, podia ser lógico e adequado para aquela época e circunstâncias. Hoje, com uma estrutura de serviços públicos e de transporte totalmente diferente, ele é o mais anacrônico e antieconômico que nós poderíamos conceber.

Em todos os estudos, o custo dos serviços por hectare varia relativamente pouco com a quantidade de habitantes nele existente. Cabe ressaltar que o custo da grande maioria das redes está muito mais associado a sua extensão (quantidade de metros por hectare, por exemplo) que a sua capacidade (quantidade de litros ou metros cúbicos por hectare).

Desta forma, urbanizar um hectare para 500 habitantes custará somente um pouco mais que urbanizá-la somente para 50 habitantes repartidos nesta mesma área. A maioria das redes, por razões técnicas têm diâmetros mínimos que não podemos diminuir, tendo a capacidade para absorver as necessidades de densidades médias elevadas. Por esse motivo, diminuições destas densidades não reportam nenhuma diminuição no custo por hectare.

Um caso extremo, que vale a pena citar, é a rede de esgoto para a qual os custos por hectare são praticamente os mesmos para qualquer densidade com o agravante de que, para se evitar sedimentações nos casos de redes para baixa densidade é necessário realizar algumas obras especiais (que se transformam em obstruções), motivo pelo qual estas redes podem chegar a ter maiores custos por hectare que as redes que admitem densidades maiores.

Esta relativa constância nos custos por hectare, faz com que os custos por habitação seja fortemente variável com a densidade - quase inversamente proporcional a ela - como podemos ver na tabela I e figura 1 e 2.

O custo do sistema de redes urbanas divide-se como indicam as tabelas II e III. Como nelas podemos ver, o custo do sistema viário - composto da rede de pavimentação e de drena -

REDE	CUSTO POR HABITAÇÃO				CUSTO POR HECTARE			
	Densidade: Habitações/ha e Habitantes/ha				Densidade: Habitações/ha e Habitantes/ha			
	15/75	30/150	60/300	120/600	15/75	30/150	60/300	120/600
Pavimento	1.099,60	571,30	305,20	159,30	16.494	17.131	18.327	19.124
Desagues Pluviais	388,40	207,20	106,20	54,40	5.976	6.215	6.375	6.534
Abastecimento de Agua	87,10	47,80	29,20	19,80	1.307	1.436	1.753	2.367
Esgoto Sanitário	488,70	247,00	126,10	63,80	7.331	7.410	7.570	7.649
Abastecimento de gás encanado	217,80	121,40	66,60	39,20	3.267	3.641	3.995	4.701
Abastecimento de Energia Elétrica	168,90	125,70	97,10	63,80	2.534	3.769	5.823	7.665
TOTAL	2.460,50	1.320,30	730,40	400,30	36.908	39.603	43.842	48.040

Tabela I - Custo médio das redes urbanas em função da densidade, em dólares (1977)

Nota: Os custos correspondem exclusivamente as redes urbanas e estão excluídas as obras unitárias

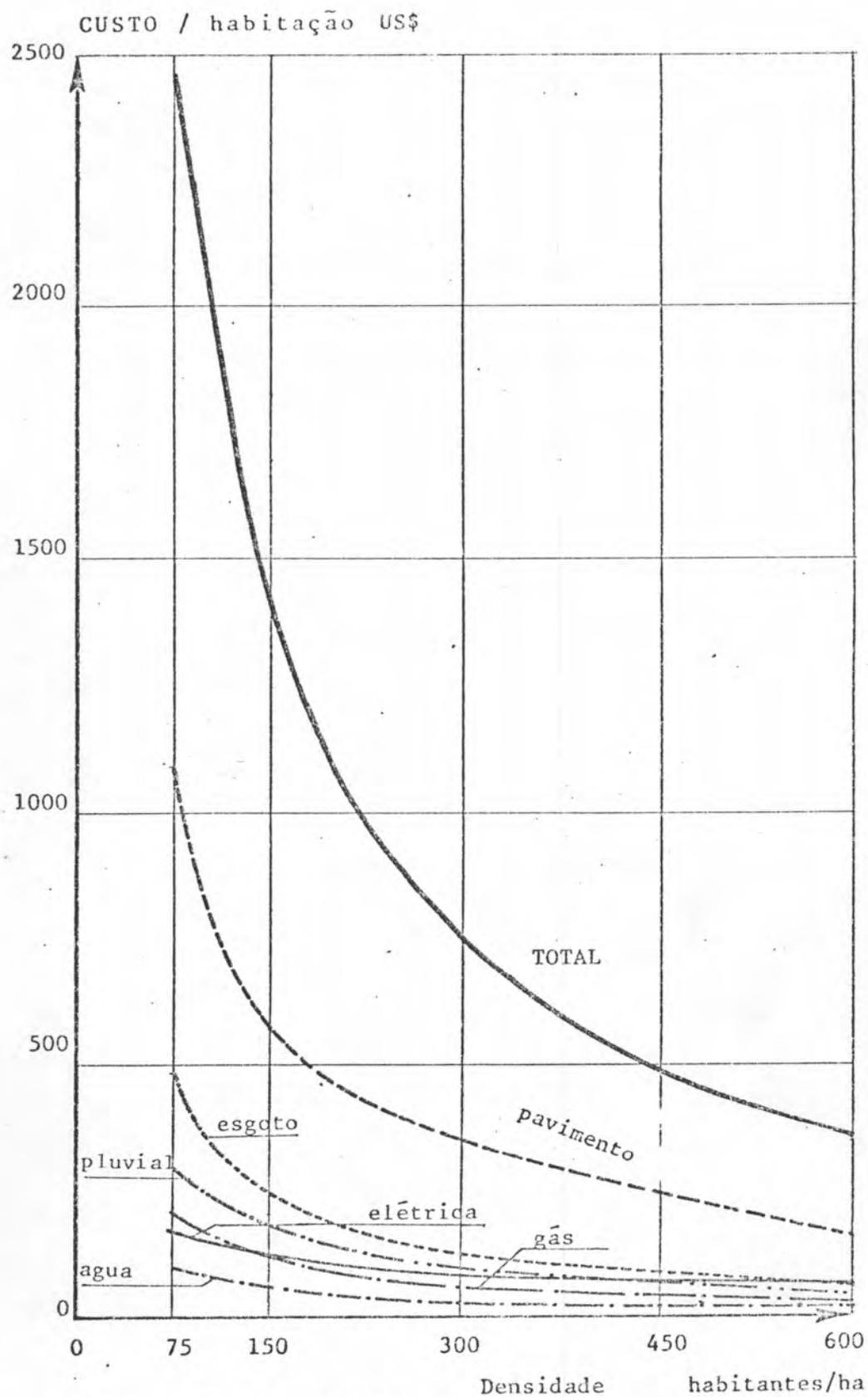


Figura 1 - Custo por habitação em dólares (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade

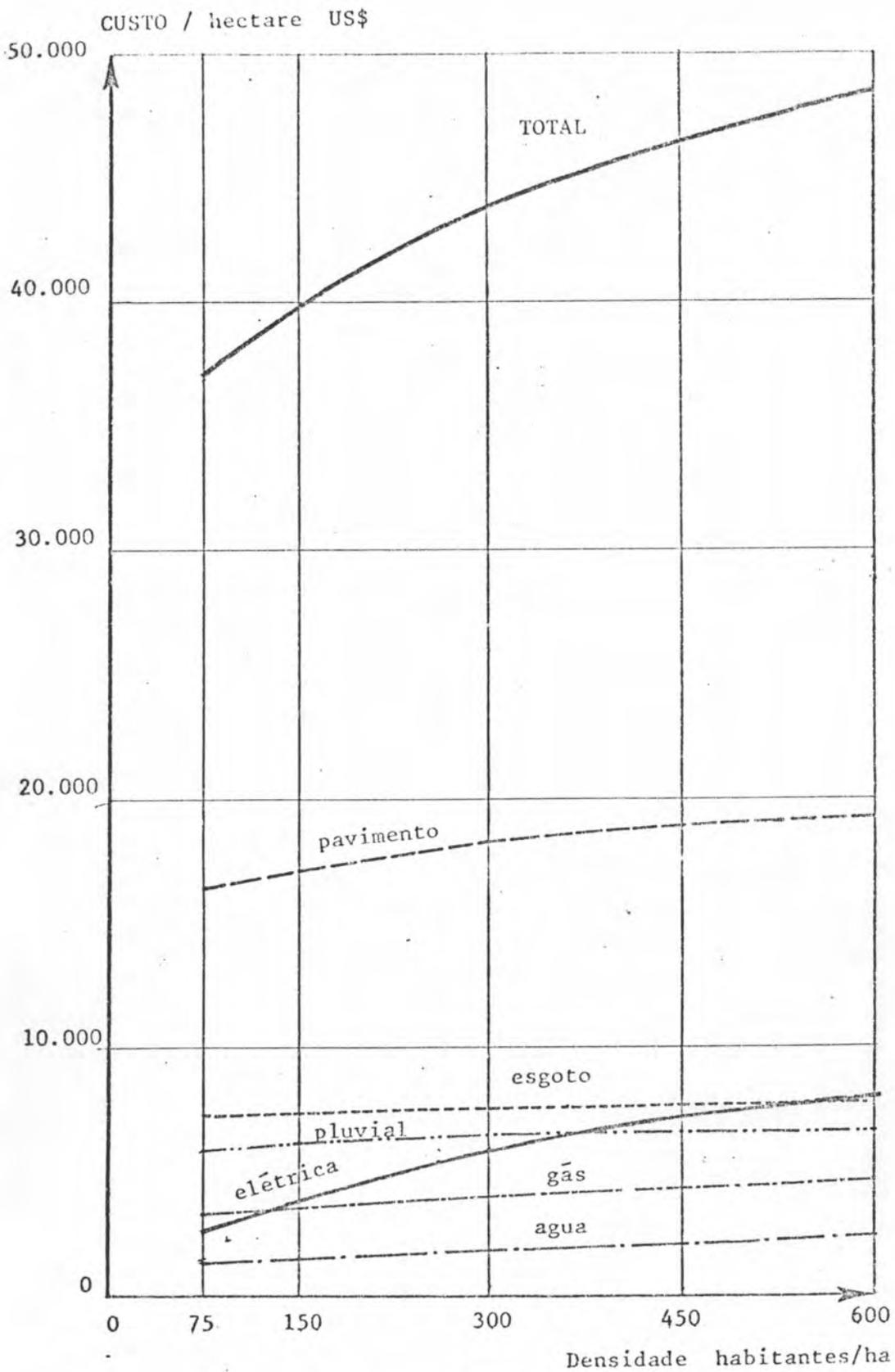


Figura 2 - Custo por hectare em dolares (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade

REDES	custo pela rede		Ligações		Equipamentos Complementares (custo médio)		TOTAL	
	min. (1)	max. (2)	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Pavimento	305	1.100	-	-	-	--	305	1.100
Desagues Pluviais	106	388	-	-	-	-	106	388
Abastecimento de Agua	29	87	29	176	191		249	454
Esgoto Sanitário	126	489	6	46	380		512	915
Abastecimento de gás encanado	67	218	27	156	450		544	824
Abastecimento de Energia Elétrica	97	169	37	170	400		534	739
Iluminação Pública	7	29	-	-	20	80	27	109
TOTAIS	737	2480	99	548	1441	1501	2277	4529

Tabela II - Custo por usuário em dólares (1977) a nível urbano para as cidades de porte médio.

(1) densidade de 60 habitações por hectare

(2) densidade de 15 habitações por hectare

gem de águas pluviais - comporta entre 55 a 60% do custo total das redes. Se desejamos, portanto, economizar na implementação das redes de serviços urbanos, teremos que procurar fazê-lo, fundamentalmente, na rede viária porque se somarmos as outras 5 redes (água, esgoto, gás, eletricidade e iluminação pública) seus custos serão inferior ao custo desta.

Será muito importante, então, a nível de economia nos custos, estudar todas as possíveis alternativas de pavimentos e traçados viários que permitam que uma parte importante deles seja pavimentada para trânsito leve e eventual, o que se consegue, entre outras formas, com traçados de vias sem saída.

Nos sistemas restantes a maior parte do custo está fora da rede e, portanto, fora do campo de ação dos planejadores urbanos, como pode ver-se na tabela III (a média correspondente para os sistemas restantes encontra-se em torno de 65%, ou seja, quase dois terços). Cabe ressaltar que na realidade da grande maioria das cidades brasileiras, por suas baixas densidades médias, a participação da rede viária e ligações no custo total do sistema sobe bastante, chegando-se a investir, em alguns casos, 2/3 para esta rede com ligações e 1/3 para os órgãos complementares.

O peso dos órgãos complementares nos custos totais, faz com que para eles o traçado viário seja um problema secundário, interessando somente nestes casos a densidade habitacional.

## 2) Déficit Nacional de serviços Urbanos e Sua Avaliação

Voltando à Tabela II e analisando os custos totais das instalações de serviços urbanos, vemos que o custo destas por família está entre 2200 e 4500 dólares de 1977. Levando-se em consideração que uma grande parte das tubulações enterradas são colocadas posteriormente ao pavimento, estas cifras podem ser tomadas como valores mínimos (desde que em seu cálculo não tenha sido levado em conta este fato, que eleva o custo de algumas redes de 30 a 40%).

Se levamos em consideração que no Brasil foram incorpo-

REDES	Participação de cada rede no total ( em porcentagem)		Participação da rede no sistema completo (em porcentagem)	
	áreas de baixa densid.	áreas de alta densid.	áreas de baixa densid.	áreas de alta densid.
Pavimento	41,38	44,35	100	100
Desagues Pluvias	14,38	15,65	100	100
Abastecimento de Agua	3,93	3,50	12	19
Esgoto Sanitário,	17,10	19,73	25	53
Abastecimento de gás encanado	9,09	8,79	12	26
Abastecimento de Energia Elétrica	13,16	6,81	18	23
Iluminação Pública	0,96	1,17	26	27

Tabela III - Participação de cada rede nos custos totais de cada sistema de abastecimento.

REDE	Rede	Ligações Domiciliares	Equipamentos Complementares	TOTAL
Pavimento	100	-	---	100
Desagues Pluvias	100	-	-	100
Abastecimento de Agua	15,5	25,5	59,0	100
Esgoto Sanitário	39,0	3,0	58,0	100
Abastecimento de gás encanado	19,0	12,0	69,0	100
Abastecimento de Energia Elétrica	20,5	15,0	64,5	100
Iluminação Pública	26,5	-	73,5	100

Tabela IIIa Participação média em porcentagem dos diferentes órgãos nos custos totais dos sistemas urbanos.

radas à vida urbana nada menos que 500 mil famílias, e que as cidades são de baixa densidade média, para que a vida urbana não sofra um permanente e contínuo deterioro, seria necessário uma inversão anual da ordem de 2260 milhões de dólares ( ou 2.500 a 3.000, se considerarmos as rupturas e reparações do pavimento) em obras de ampliação dos serviços existentes. Esta quantia é tão grande que comporta, aproximadamente, 2% do Produto Interno Bruto.

Segundo os dados referentes à existência de serviços urbanos que se dispunha em 1970, somente a rede elétrica abastecia uma parcela importante da população. A Tabela IV, mostra a quantidade de serviços de seus incrementos em 1970, o que nos indica que as 500 mil novas famílias que se incorporam por ano à vida urbana terão que entrar numa longa fila de espera que caracteriza a vida urbana dos países em vias de desenvolvimento. Este fato não tem solução a curto prazo, pois o déficit em termos econômicos, é da ordem de 25.000 milhões de dólares (tabela V), cifra esta que nos diz que mesmo se a inversão chegasse a 2% do PIB, anualmente, a espera média duraria ainda uns 12 anos.

### 3) Economias Possíveis com uma Ativa Política Urbana

A Tabela II, nos mostra um custo total por usuário entre um mínimo de 2200 dólares e um máximo de 4500 dólares, cifras estas que serão, na verdade, menores que a real, pois nelas não estão considerados os custos de ruptura e reparação dos pavimentos. Esse incremento no custo total deve-se ao fato de executarmos primeiro a rede de pavimentação e depois as de drenagem, abastecimento de água, gás e esgoto. Ele é da ordem 30 a 40% da rede e das ligações, a mais do custo previsto sem rompimento do pavimento, o que significa 500 dólares a mais por usuário.

Cabe destacar que a falta de uma estreita coordenação entre os traçados, posição e prazos de construção, cria também problemas de remoção, reparação e interrupção nos serviços, fato que não deve ser desconsiderado, apesar de ser difícil

SERVIÇO	1940		1950		1960		1970	
	Existência	Incremento anual						
REDE ELÉTRICA	1.186.014	105.170	2.237.710	244.283	4.860.546	308.817	7.768.721	276.550
AGUA ENCANADA	958.293	...	1.474.687	...	2.740.005	...	5.592.606	205.895
ESGOTO SANITARIO	...	...	849.149	...	....	...	2.290.573	72.071

Tabela IV - Existência e incrementos de serviços nas últimas décadas no Brasil

Fonte: Censos Demográficos 1940,1950,1960 e 1970 IBGE

Nota: Não se tem dados de pavimentos, drenagem pluvial, iluminação pública e rede de gás encanado.

(...) Dado não disponível

SERVIÇOS	Deficit em 1970	
	Em quantidade de usuários	Em milhões de dólares (1977)
Eletricidade	1.298.922	960
Água Potável	3.863.899	1.754
Pavimento	4.932.644	7.340
Esgoto Sanitário	6.330.222	5.792
Iluminação Pública	7.398.965	865
Gás Encanado	9.762.523	7.970
Total	-	24.681

Tabela V - Déficit de serviços urbanos no Brasil em 1970.

Nota: O deficit em milhões de dólares foi avaliado considerando o custo de cada serviço em função da densidade habitacional atual. Não foi considerado o custo de ruptura e reparação de pavimento, o que em caso contrario elevaria a quantia total na ordem de 10%.

1977

avaliá-lo. Se considerarmos somente o aumento nos custos em 20% do total, chegaríamos a um total por usuário da ordem de 6.000 dólares. Se compararmos este valor à cifra de 2.200 dólares - valor que seria atingido se houvesse uma perfeita ordenação entre códigos de edificação, leis de uso do solo, planos de obras das prefeituras e empresas de serviços - vemos que o quase insolúvel déficit atual poderia, em parte, ser corrigido.

Estas comparações nos mostram também que uma política de ordenamento urbano poderia fazer com que este déficit, em lugar de agravar-se ano a ano, diminuisse, apesar do grande número de famílias incorporadas ao meio urbano anualmente. Poderia fazer também com que a industrialização do país, que é a força que atrai a maioria das famílias migrantes, resulte em um verdadeiro aumento da qualidade de vida.

A tabela VI e figura 3, nos mostram que há uma forte correlação entre população urbana e renda "per capita". Uma das consequências lógicas do desenvolvimento econômico em que estão empenhados nossos países é exatamente esse crescimento da renda "per capita" o que, como está mostrado na figura, incrementará seguramente também a participação da população urbana no total.

#### 4) Correlação entre Renda e Demanda Efetiva de Serviços

Como todos os outros bens e serviços que a comunidade necessita, a demanda efetiva de serviços urbanos está associada à renda efetiva da população. As figuras 4 a 9 e as Tabelas VII, VIII e IX, nos mostram a relação existente entre renda (medida em salários mínimos por família e por mês) e o nível de atendimento de cada serviço urbano para os distintos distritos ou administrações regionais da cidade de São Paulo.

A figura X mostra, em resumo, a posição de conjunto dos serviços urbanos, dando a porcentagem de serviços em relação à renda média familiar. Nela, entre outras coisas, podemos ver que das tubulações a serem instaladas somente a de água é colo

AMERICA LATINA	Estimativa Populacional para 1975	Taxa média anual de crescimento	População Urbana Relativa	Produto Interno Bruto		Produto Int. Bruto/hab.	
				1973 a 1974	Taxa média anual de crescimento 1960 a 74	1973 a 1974	Taxa média anual de crescimento 1960 a 73
	habitantes	%	%	x 10 <sup>6</sup> US\$	%	US\$	%
ARGENTINA	25.036.300	1,2	82,5	36.551,3	4,7	1.482,9	3,0
BARBADOS	242.000	0,3	45,0	184,9	3,3	770,5	2,9
BOLÍVIA	5.633.800	2,7	30,9	1.481,1	5,3	270,8	2,6
BRASIL	107.145.000	2,8	61,2	79.172,3	7,4	795,5	4,4
CHILE	10.253.000	1,8	80,5	10.910,4	3,8	1.083,2	1,8
COLOMBIA	23.415.800	...	66,8	10.325,6	5,7	450,6	2,7
COSTA RICA	1.990.000	3,0	42,2	1.459,9	6,1	754,9	2,8
EL SALVADOR	4.108.400	3,7	39,8	1.712,0	5,6	434,3	2,0
EQUADOR	6.690.000	2,9	42,0	2.791,6	6,6	429,4	3,4
GUATEMALA	5.852.000	2,8	31,4	3.531,0	5,7	620,1	3,0
HAITI	4.583.800	1,6	22,0	696,0	2,2	154,1	0,4
HONDURAS	2.712.000	2,2	32,5	989,3	4,3	372,7	2,0
JAMAICA	2.014.000	1,5	52,9	1.992,7	5,2	1.004,4	3,6
MEXICO	60.094.000	4,2	61,2	44.823,3	6,8	771,2	2,9
NICARAGUA	2.143.400	2,8	52,1	1.361,3	6,8	652,9	3,9
PANAMA	1.667.700	3,1	50,4	1.702,2	7,5	1.052,1	4,3
PARAGUAI	2.646.900	3,5	36,1	948,2	5,1	383,0	2,3
PERU	15.615.000	3,0	63,5	7.493,3	5,6	494,5	3,0
REP. DOMINICANA	4.725.000	3,1	46,3	2.793,0	6,9	612,2	3,6
TRINIDAD E TOBAGO	1.096.400	1,3	56,6	1.185,1	3,4	1.101,4	1,5
URUGUAI	2.764.000	0,7	80,8	2.568,7	1,0	936,1	0,3
VENEZUELA	11.993.100	3,1	82,6	16.536,4	5,4	1.421,6	3,0

Tabela VI - Indicadores de urbanização e sua relação para os países da América Latina .

Fonte: Progresso Sócio-Econômico na América Latina. Banco Interamericano de Desenvolvimento 1975

(...) Dado não disponível

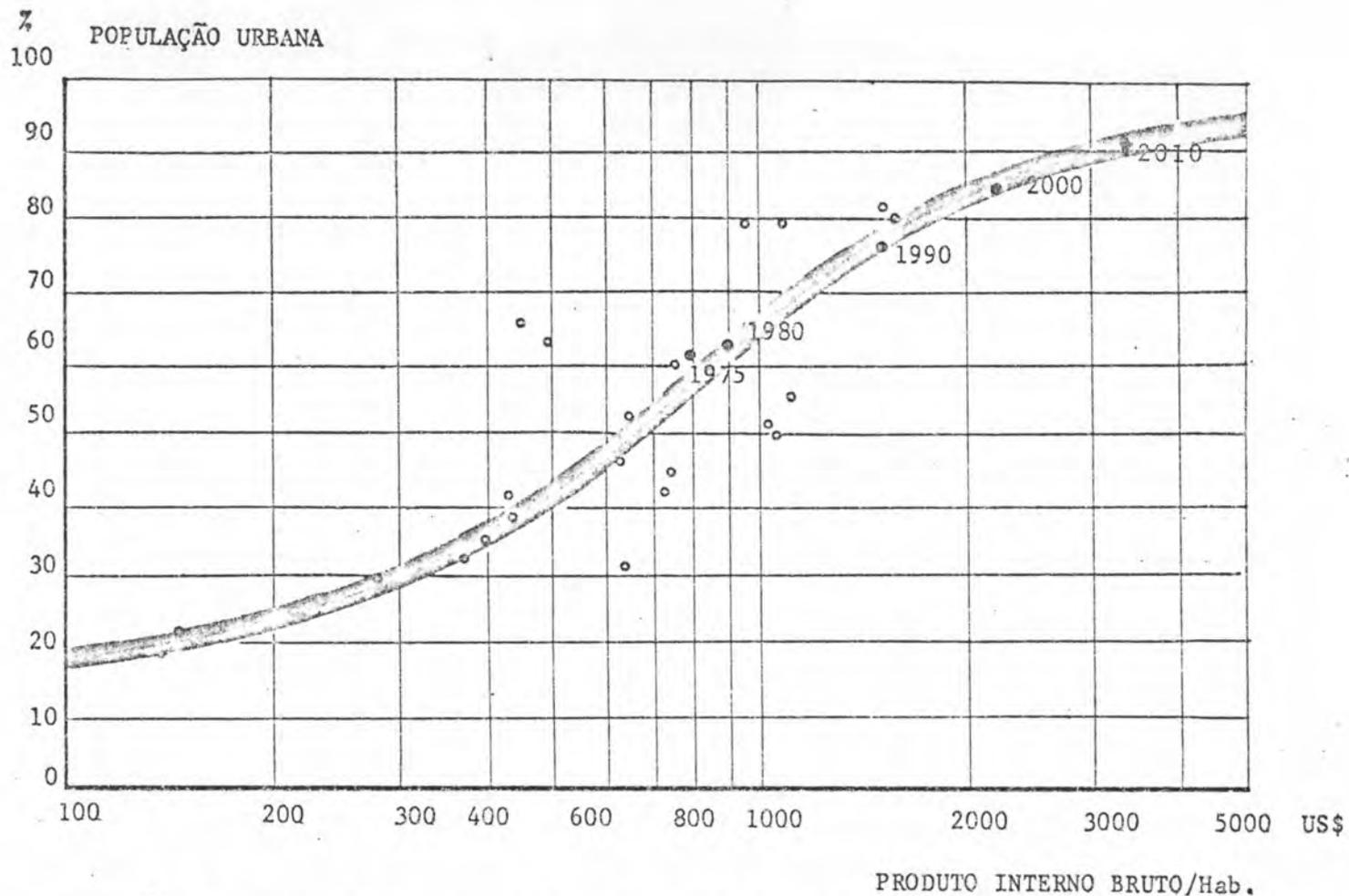


Figura 3 - Relação entre renda per capita e taxa de urbanização em países da América Latina

Fonte: Progresso Sócio-Econômico na América Latina. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 1975

Nota: Os pontos indicados com 1975, 1980, 1990, 2000 e 2010 são as taxas prováveis de urbanização no Brasil em função de sua renda per capita provável.

DISTRITOS CENSITÁRIOS	POPULAÇÃO			TAXA MÉDIA DE CRESCIMENTO ANUAL	
	1960	1970	1977	1960 a 1970	1970 a 1977
	hab.	hab.	hab.	%	%
Aclimação	44 230	49 058	46 490	1,04	-0,77
Alto da Mooca	125 299	136 985	112 743	0,90	-2,74
Barra Funda	32 545	29 762	25 689	-0,86	-2,08
Bela Vista	57 825	61 192	85 356	0,57	4,87
Belenzinho	63 133	52 238	37 442	-1,88	-4,65
Bom Retiro	26 457	25 606	16 791	-0,33	-5,85
Bras	63 971	54 391	46 101	-1,62	-2,33
Brasilândia	41 776	99 831	169 916	9,10	7,89
Butantã	143 684	314 095	419 678	8,13	4,23
Cambuci	49 900	48 600	47 633	-0,26	-0,29
Cangaíba	40 165	59 859	68 655	4,07	1,98
Capela do Socorro	28 463	165 437	250 713	19,24	6,12
Casa Verde	79 226	98 931	106 857	2,25	1,11
Cerqueira Cesar	32 040	43 616	54 636	3,13	3,27
Consolação	51 698	62 226	78 710	1,87	3,41
Ibirapuera	67 416	110 761	151 794	5,09	4,60
Indianópolis	53 303	70 721	77 048	2,87	1,23
Ipiranga	156 766	171 338	186 957	0,89	1,25
Jabaquara	89 172	195 620	229 660	8,17	2,32
Jaragua	34 913	52 034	73 716	4,07	5,10
Jardim América	42 683	47 197	58 989	1,01	3,24
Jardim Paulista	80 173	91 927	111 465	1,38	2,79
Lapa	105 995	122 512	153 546	1,46	3,28
Liberdade	55 873	59 790	75 235	0,68	3,44
Limão	51 837	69 980	92 775	3,14	4,11
Mooca	42 792	35 298	35 056	-1,91	-0,10
N.S. do Õ	62 439	141 109	159 252	8,50	1,74
Pari	34 539	30 693	28 569	-1,17	-1,02
Perdizes	91 310	100 161	144 281	0,93	5,35
Penha de França	108 805	137 818	193 988	2,39	5,00
Pinheiros	36 201	44 080	52 532	1,99	2,54
Pirituba	40 109	86 261	81 132	7,96	-0,87
Santa Cecília	60 501	67 899	67 796	1,16	-0,03
Santa Ifigenia	52 300	38 980	30 429	-2,90	-3,48
Santana	120 284	198 340	273 010	5,13	4,67
Santo Amaro	109 110	377 168	583 601	13,21	6,43
Saude	157 871	234 528	310 468	4,04	4,09
Sé	8 800	8 049	9 158	-0,98	1,90
Tatuapé	175 653	254 281	309 368	3,77	2,84
Tucuruvi	223 129	359 344	494 680	4,88	4,67
V. Formosa	73 608	96 302	108 087	2,72	1,66
V. Guilherme	41 202	74 028	84 372	6,03	1,89
V. Madalena	30 112	33 825	50 045	1,17	5,76
V. Maria	94 118	116 300	132 906	2,14	1,92
V. Mariana	76 899	80 919	106 689	0,51	4,03
V. Matilde	81 225	151 162	235 028	6,41	6,51
V. N. Cachoeirinha	24 172	30 910	39 279	2,49	3,48
V. Prudente	197 668	359 116	429 800	6,15	2,60
Ermelino Matarazzo	71 916	152 177	197 143	7,78	3,77
Guaianazes	24 689	74 894	73 518	11,74	-0,25
Itaquera	33 570	188 143	278 856	18,87	5,70
Parelheiros	8 097	12 378	35 586	4,34	16,28
Perus	9 266	27 767	26 565	11,60	-0,63
São Miguel Paulista	65 952	235 346	406 758	13,56	8,13

Tabela VII - População da cidade de São Paulo, classificada por distritos e suas taxas de crescimento.

Fonte : IBGE, Censo Demográfico de 1970 e Emplasa, Pesquisa O/D, 1977

DISTRITOS CENSITÁRIOS	ÁREA	QUANTIDADE	PRÉDIOS SERVIDOS			RENDA	QUANTIDA
	DO DIS	DE	ELÉTR.	ÁGUA	INSTAL.	FAMIL.	DE DE DO
	TRITÓ	PRÉDIOS					
ha	prédios	%	%	%	salários mínimos	habita/s	
Aclimação	281	8 048	99,7	99,2	97,2	10,1	11 792
Alto da Mooca	938	35 793	99,6	92,7	75,3	5,0	30 852
Barra Funda	253	6 033	94,8	94,4	92,0	6,8	7 154
Bela Vista	230	5 045	99,5	98,4	98,0	9,1	16 188
Belenzinho	550	13 256	99,8	99,8	98,3	6,0	12 262
Bom Retiro	248	4 464	99,6	98,8	93,5	6,7	6 482
Brás	398	12 720	99,7	99,6	99,4	5,6	13 396
Brasilândia	1 948	20 769	87,9	10,9	0,4	2,5	18 487
Butantã	5 386	39 567	93,7	63,6	15,8	5,1	36 701
Cambuci	372	10 688	99,6	98,9	97,0	7,5	12 397
Cangaíba	911	13 755	93,5	58,9	10,2	3,2	12 117
Capela do Socorro	15 110	39 720	81,0	28,7	13,9	3,2	34 110
Casa Verde	711	23 862	99,0	81,7	47,4	4,1	20 915
Cerqueira Cesar	216	5 527	99,9	99,5	99,2	14,0	11 154
Consolação	384	5 447	99,7	99,3	98,7	10,3	15 364
Ibirapuera	2 825	28 283	95,6	86,6	71,1	10,1	26 300
Indianópolis	784	16 514	99,2	97,4	87,2	11,2	17 291
Ipiranga	1 635	42 561	99,5	95,5	77,8	5,1	39 029
Jabaquara	2 196	43 125	94,1	57,3	18,9	4,0	40 417
Jaraguá	846	13 049	95,1	44,5	2,7	3,5	11 287
Jardim América	564	8 383	99,5	99,2	98,1	15,1	11 372
Jardim Paulista	794	18 630	98,2	97,2	90,7	12,5	21 732
Lapa	2 184	32 242	98,4	97,2	81,7	6,8	28 425
Liberdade	270	6 790	99,4	99,3	98,8	6,7	14 304
Límao	615	16 458	98,4	64,4	22,7	3,5	13 509
Mooca	399	9 999	99,7	99,0	96,8	6,0	8 780
N.S. do Ó	1 185	31 876	98,4	46,9	13,0	3,4	27 887
Pari	275	8 247	99,4	98,6	95,6	5,9	7 088
Perdizes	880	19 234	99,7	99,2	88,8	9,8	23 622
Penha de França	911	35 004	98,6	91,5	26,2	3,9	29 702
Pinheiros	501	9 139	99,2	98,3	89,9	10,3	9 541
Pirituba	2 339	19 250	95,9	41,9	7,5	3,4	19 084
Santa Cecília	271	5 206	99,7	99,1	97,4	10,3	17 728
Santa Ifigenia	250	6 804	99,7	99,2	97,1	6,3	10 072
Santana	3 407	41 089	95,7	76,5	57,8	5,2	44 173
Santo Amaro	9 456	92 889	84,9	41,9	20,1	4,3	79 571
Saude	2 148	51 915	98,0	80,6	57,1	5,9	52 702
Sé	112	2 986	99,9	99,5	98,7	5,8	
Tatuapé	2 582	63 971	97,6	79,4	59,9	4,4	56 256
Tucuruvi	8 907	79 037	97,4	66,0	17,4	3,8	75 492
V. Formosa	872	23 117	96,5	66,7	11,4	3,3	21 258
V. Guilherme	723	16 855	98,8	96,3	42,2	4,3	16 487
V. Madalena	471	7 791	98,0	95,8	88,7	8,2	7 516
V. Maria	1 119	28 528	98,8	82,3	39,6	3,7	26 431
V. Mariana	936	14 218	99,6	98,8	94,9	11,0	20 382
V. Matilde	2 117	35 230	95,7	66,3	7,3	3,2	29 963
V. N. Cachoeirinha	225	7 321	96,9	34,2	11,8	3,1	5 944
V. Prudente	3 176	85 275	96,1	63,0	28,8	3,7	74 815
Ermelino Matarazzo	2 500	35 169	93,8	29,3	2,6	2,8	31 637
Guaiñazes	6 800	15 497	79,2	7,3	0,8	2,3	13 947
Itaquera	5 800	40 061	88,5	22,9	3,3	2,6	36 675
Parelheiros	39 100	614	32,9	12,5	0,2	2,1	
Perus	5 700	5 021	79,5	12,2	0,0	2,6	
São Miguel Paulista	3 900	53 850	87,2	28,2	6,6	2,5	45 876

Tabela VIII - Dados básicos de serviços urbanos, renda, etc por distrito da cidade de São Paulo

Fonte: Censo Predial, Região Sudeste 1970

Nota: Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20

ADMINISTRAÇÕES REGIONAIS	POPULAÇÃO	HABITANTES POR DOMICÍLIO	QUANTIDADE DE DOMICÍLIOS	EXTENSÃO TOTAL DE VIAS	VIAS COM REDES URBANAS					RENDA FAMIL. MENSAL
					PAVI/TO	ILUMINA	ESGOTO	ÁGUA	GÁS	
	hab	hab/domic	habitações	km	%	%	%	%	%	salário mínimos
Campo Limpo	130 578	4,78	27 284	1 056	7,3	3,4	0,0	3,5	0,0	3,8
Piruba Perus	159 232	4,64	34 279	584	39,6	20,2	6,3	53,8	0,0	3,3
Santo Amaro	511 709	4,61	110 853	1 525	30,6	19,7	24,2	48,1	0,0	5,4
Butantã	175 800	4,79	36 701	720	48,5	26,1	17,5	46,3	0,0	5,1
Freguesia do Ó	440 771	5,08	86 742	581	62,0	36,1	59,6	90,9	0,0	3,4
V. Mariana	477 494	4,41	108 150	860	61,4	56,4	51,0	74,0	11,3	7,4
Pinheiros	249 164	4,27	58 265	342	98,5	100,0	100,0	100,0	47,7	12,0
Lapa	234 113	4,17	56 198	370	86,5	80,0	75,7	74,9	23,5	8,3
Sé	421 755	4,06	103 898	351	100,0	100,0	99,1	100,0	86,4	8,6
Santana	728 012	4,47	162 583	1 201	28,6	28,6	27,8	70,0	2,0	4,2
Mooca	576 753	4,49	128 347	732	52,5	52,5	48,4	70,0	2,0	4,8
Ipiranga	369 028	4,35	84 766	407	77,1	77,1	94,6	100,0	9,1	5,8
Penha	511 584	4,76	107 431	754	45,6	45,6	35,5	86,2	0,0	3,7
V. Prudente	288 251	4,82	59 798	556	20,3	20,3	31,7	80,6	0,0	3,6
Ermelino Matarazzo	336 789	5,02	66 966	825	10,8	10,8	1,2	19,6	0,0	2,7
Itaquera Guaianazes	260 238	5,19	50 119	920	11,0	11,0	0,0	20,9	0,0	2,5

Tabela IX - Dados básicos de quantidade de serviços urbanos, renda, população e domicílios na cidade de São Paulo (1970) por Administração Regional

Fonte: Atlas da P.M.S.P. (Prefeitura Municipal de São Paulo)  
Censo Predial de 1970 IBGE

Nota\_ Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20

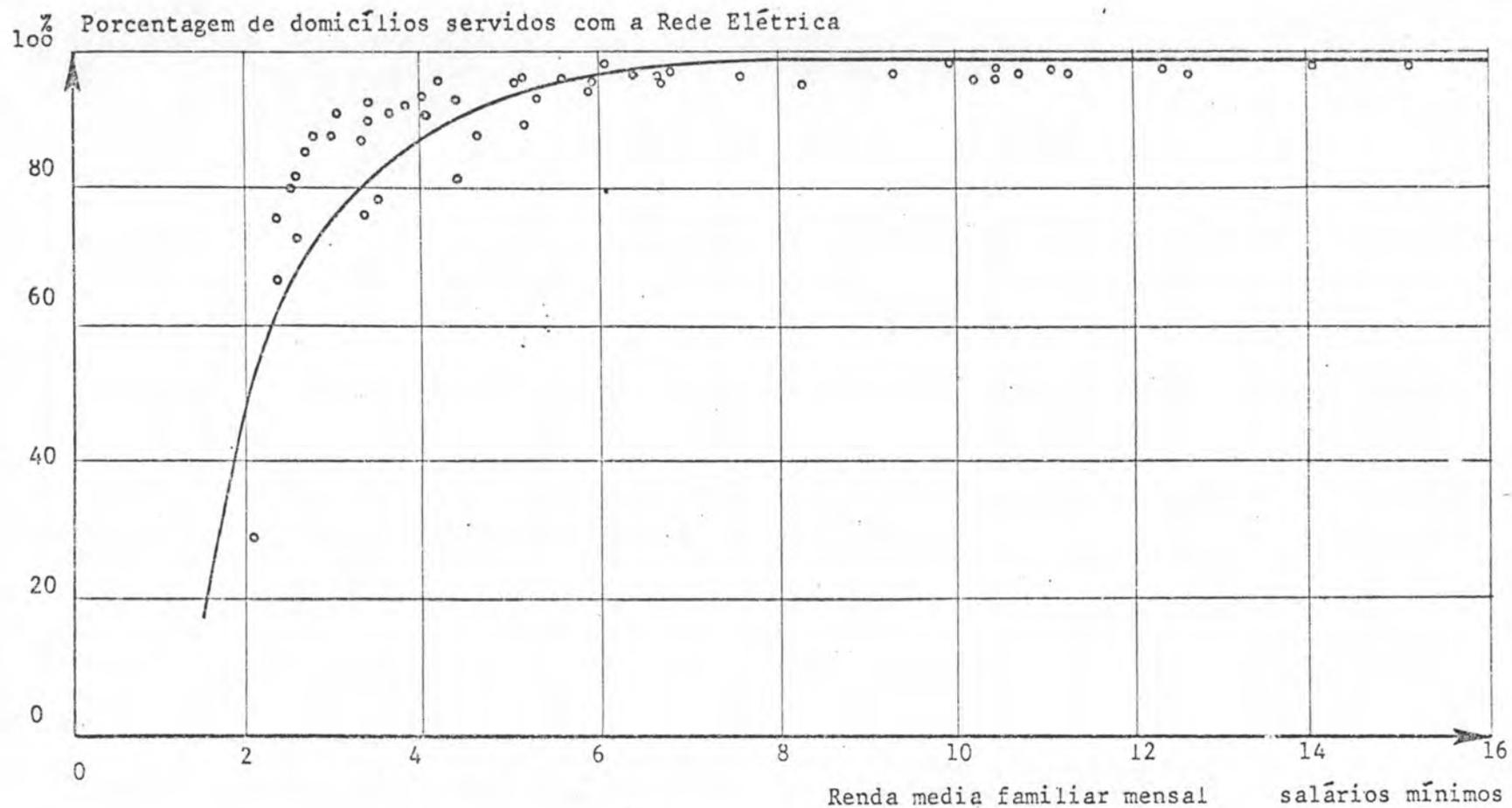


Figura 4 - Porcentagem de domicílios servidos pela rede elétrica em relação à renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Fonte: IBGE - Censo Predial 1970

- Notas:
- 1) Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20
  - 2) Cada ponto indica um distritito censitário

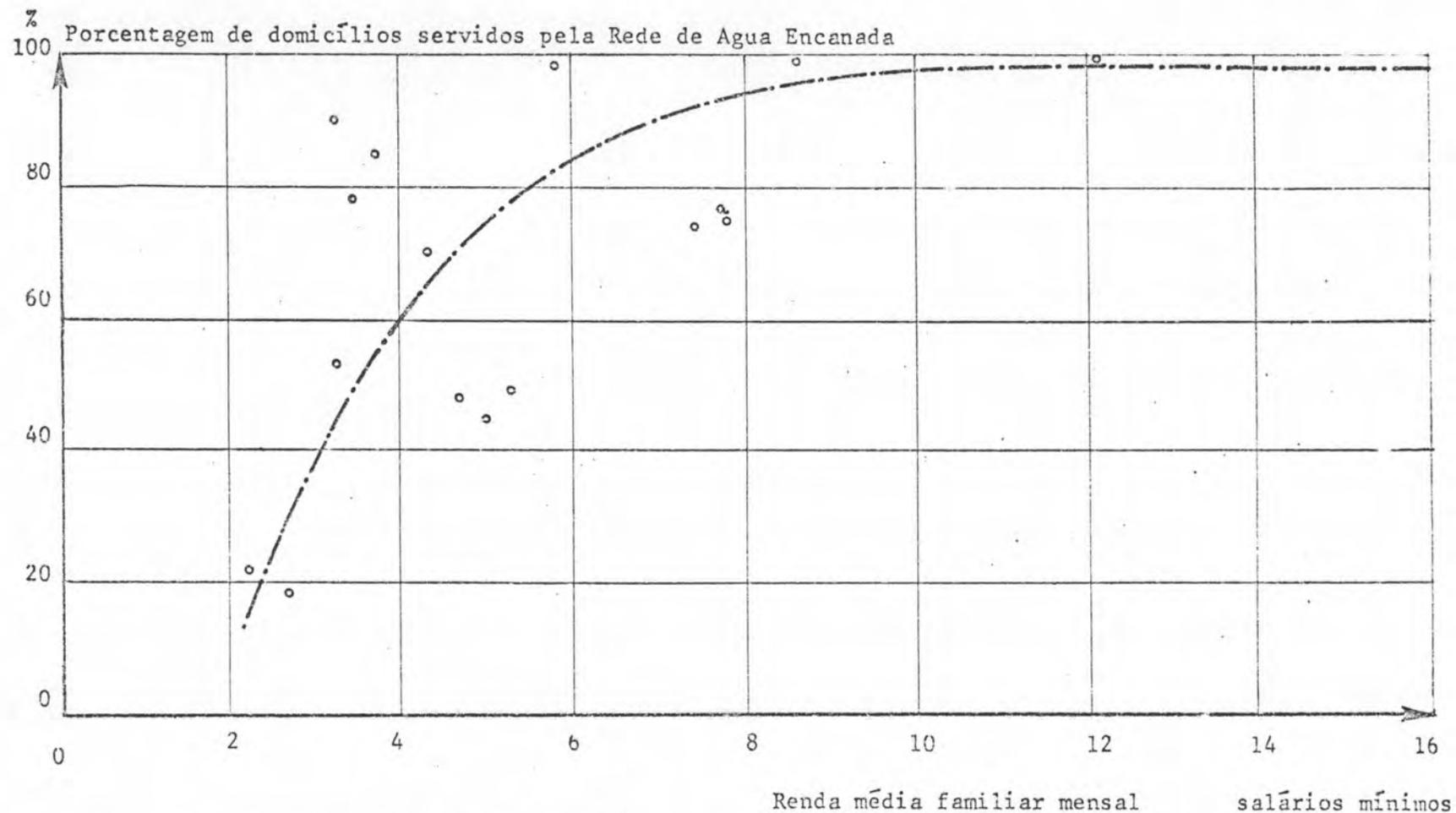


Figura 5 - Porcentagem de domicílios servidos pela rede de Água Encanada em relação à renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Fonte: IBGE - Censo Predial 1970

Notas: 1) Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20  
 2) Cada ponto indica uma Administração Regional

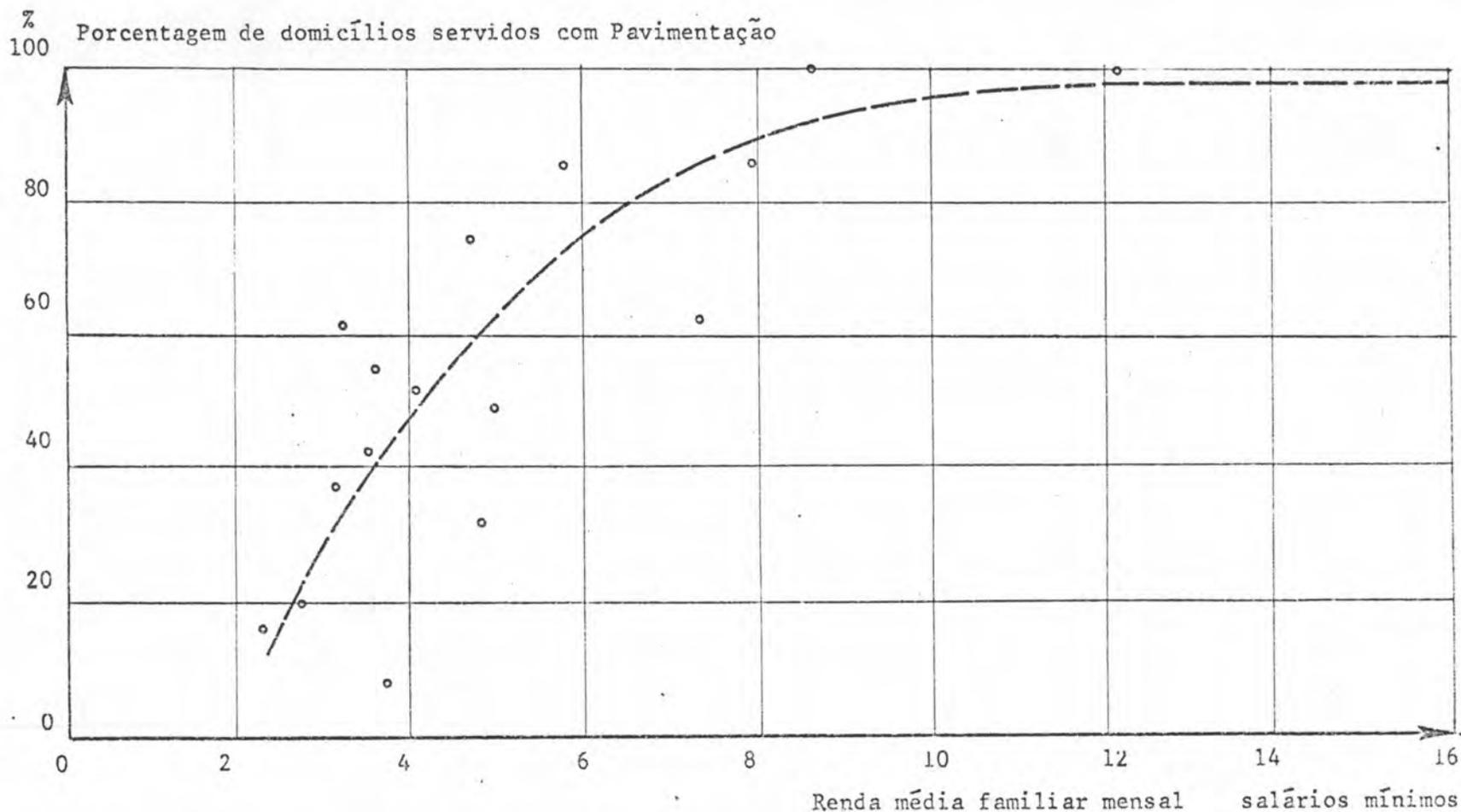


Figura 6 - Porcentagem de domicílios servidos com pavimento em relação à renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Fonte: Atlas P.M.S.P. Dados Básicos: COAR

- Notas:
- 1) Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20
  - 2) Cada ponto indica uma Administração Regional

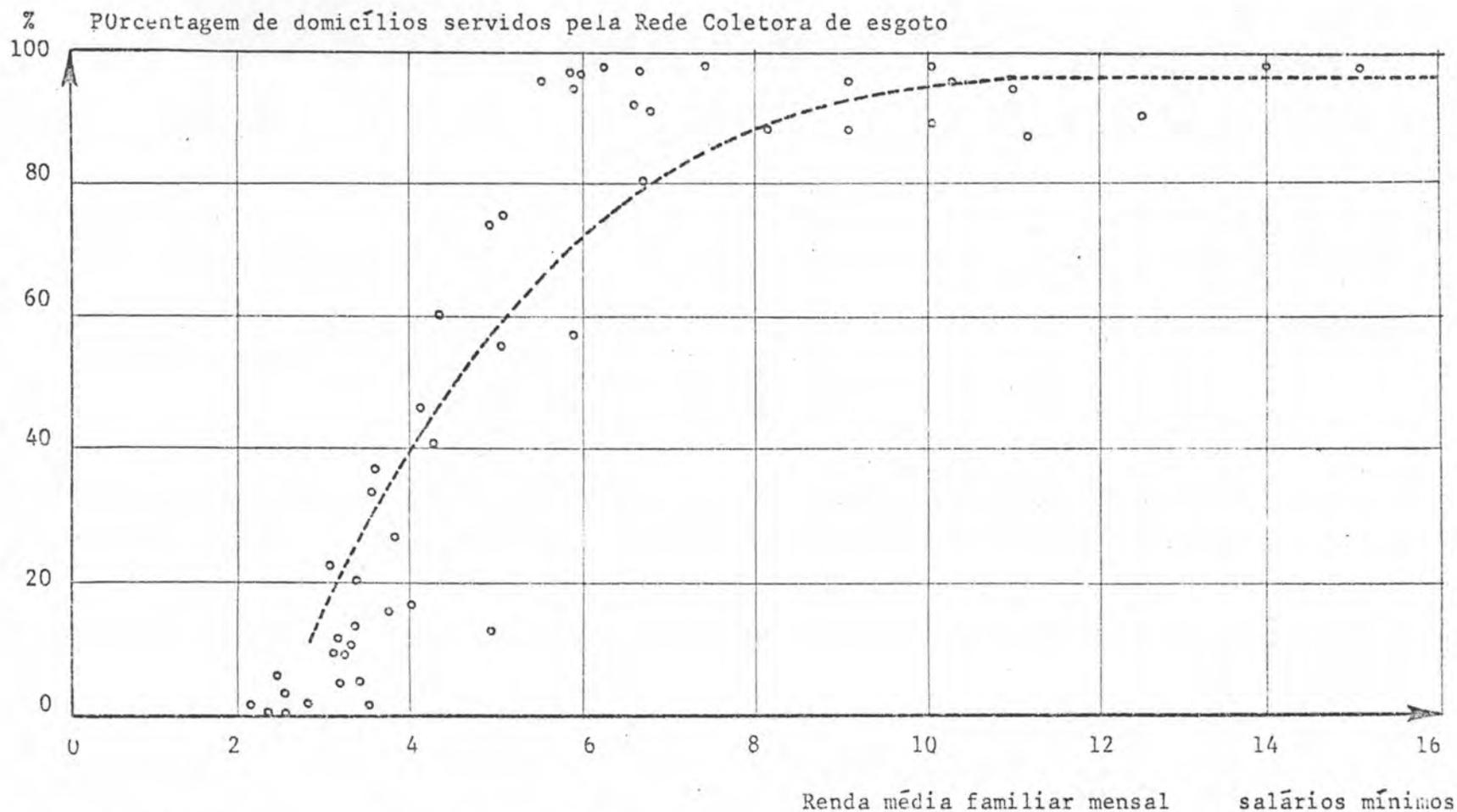


Figura 7 - Porcentagem de domicílios servidos pela rede de esgoto em relação à renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Fonte: IBGE - Censo Predial 1970

Notas: 1) Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20  
 2) Cada ponto indica um distrito censitário

% Porcentagem de domicílios servidos com Iluminação Pública

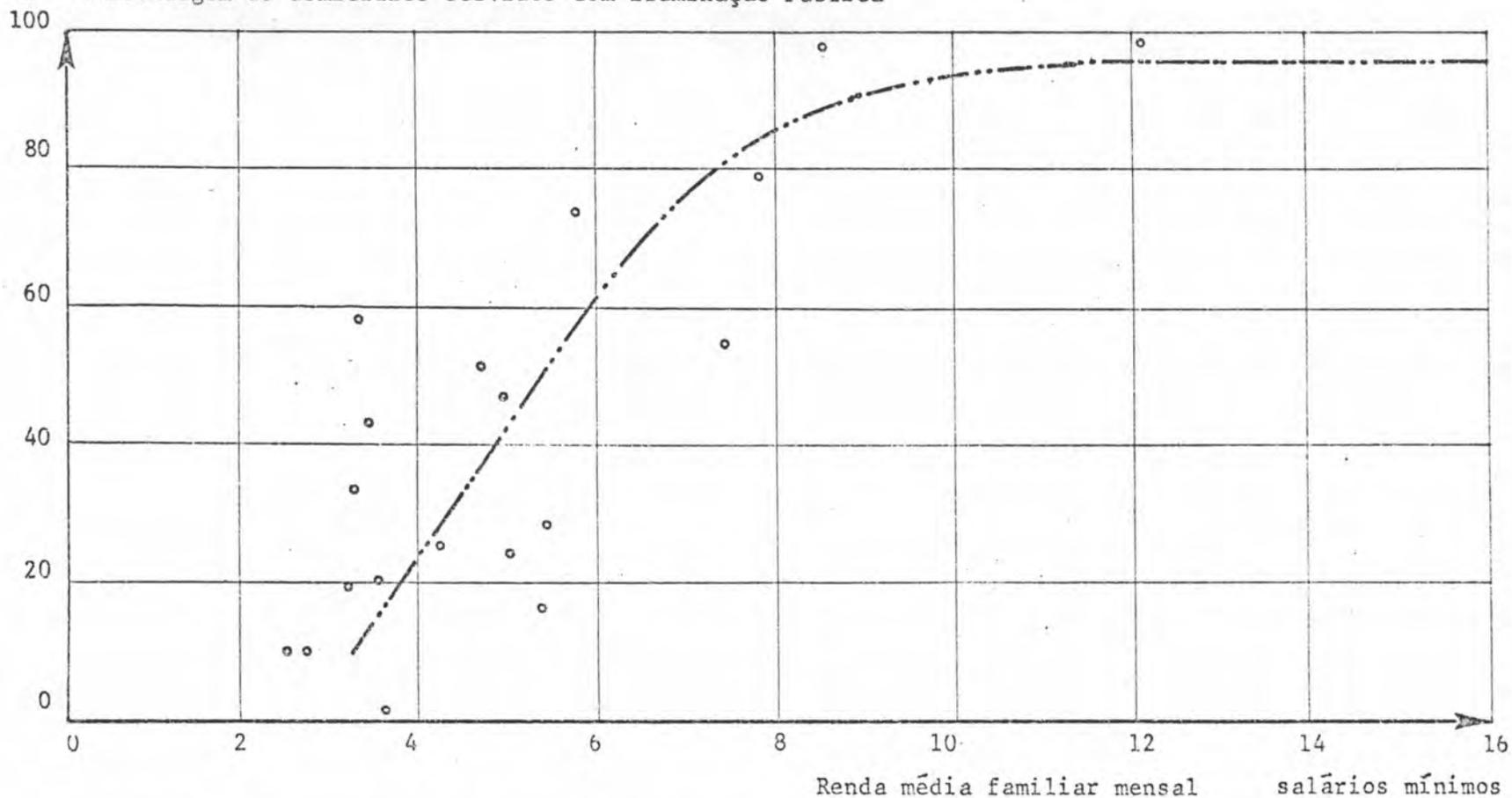


Figura 8 - Porcentagem de domicílios servidos por iluminação pública em relação à renda média familiar mensal na cidade de São Paulo

Fonte: Atlas P.M.S.P. Dados Básicos: COAR

- Notas:
- 1) Sálario Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20
  - 2) Cada ponto indica uma Administração Regional

% Porcentagem de domicílios servidos pela Rede de Gás

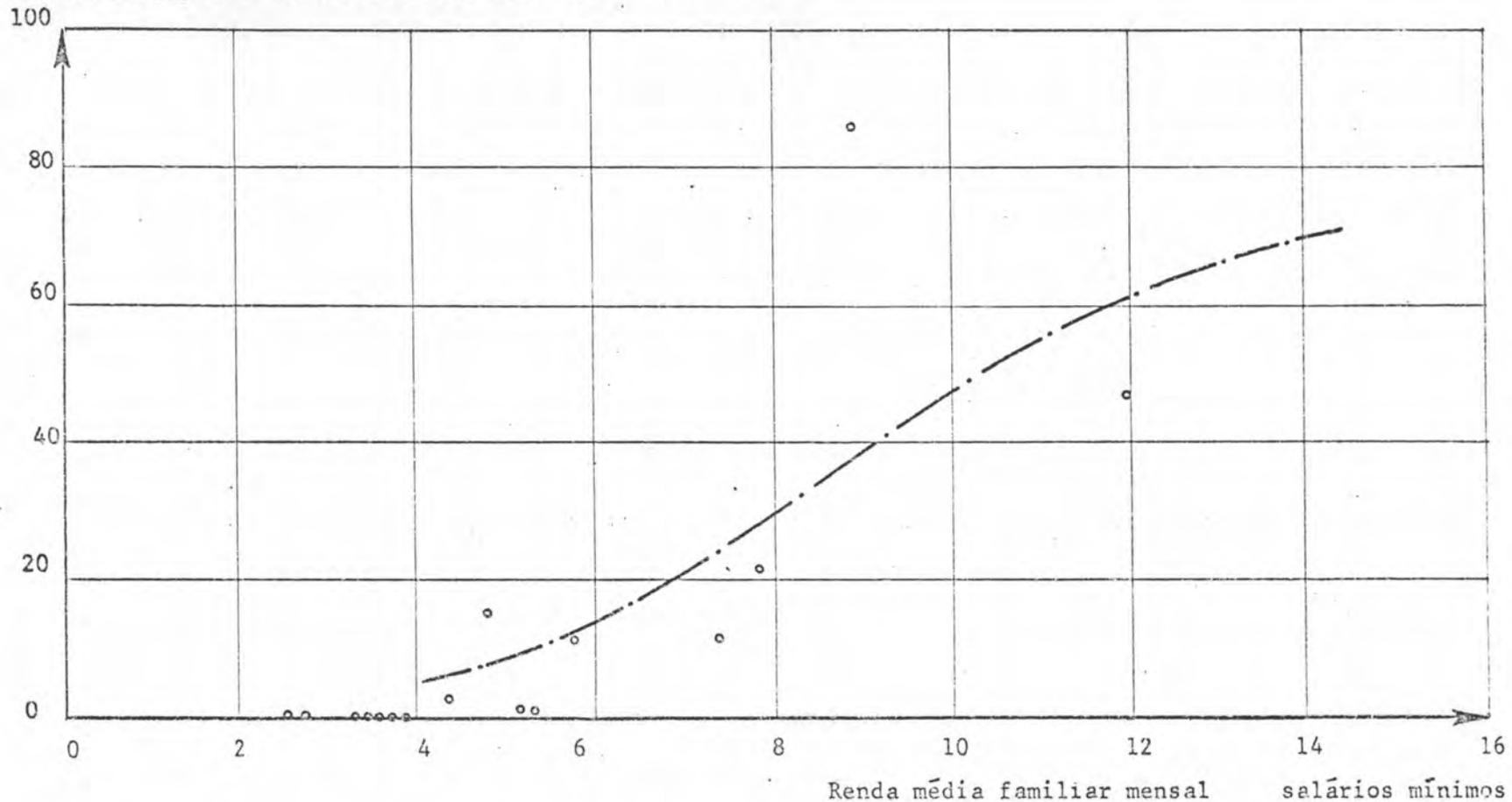


Figura 9 - Porcentagem de domicílios servidos pela rede de gás em função da renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Fonte: Atlas P.M.S.P. (Dados Básicos da CONGÁS)

Notas: 1) Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20  
2) Cada ponto indica uma Administração Regional

cada antes da pavimentação, deixando, assim, a instalação das demais redes de esgoto e gás em função direta do rompimento da quele, com seu conseqüente encarecimento.

Considerando as relações apresentadas na figura 10, como demanda efetiva de serviços em função da renda média familiar, demanda efetiva esta que é, sem dúvida, maior pois o que foi graficado foi a demanda satisfeita, e relacionando-a com a provável renda familiar brasileira, podemos fazer uma previsão das demandas efetivas de serviços a nível nacional para os próximos anos. A figura 11 apresenta esta previsão para 1980 a 2010, que surgiu da correlação da figura 10 com as tabelas X, XI e XII.

Com esta base, a evolução provável da demanda efetiva de serviços em quantidades está dada pela tabela XIII e figura 12. O estoque atual provável e o crescimento por decênio (em quantidades de serviços novos) estão dados pela tabela XIV e figura 13. O crescimento médio anual aparece na tabela XV e figura 14 - neste caso vemos que, de fato, a longo prazo resultará, em termos percentuais, um incremento necessário cada vez menor (como é mostrado pela figura 15), aproximando-se gradativamente a um incremento médio constante na demanda efetiva de serviços de 2% por ano.

#### 5) Investimentos Anuais para Atender a Demanda Efetiva de Serviços Urbanos

Aplicando-se os custos atuais por serviços às quantidades de novos serviços da demanda efetiva, temos os totais a investir por ano no crescimento da infraestrutura urbana.

Assim na década de 1970/80 seria necessário um investimento médio anual no país de 1.778 milhões de dólares. Para a década que está para começar este montante sobe à quantia de 2.452 milhões de dólares (Tabela XVIa.). Estes investimentos são enormes, representando 2% do PIB anualmente.

Se levarmos em consideração que esses investimentos po

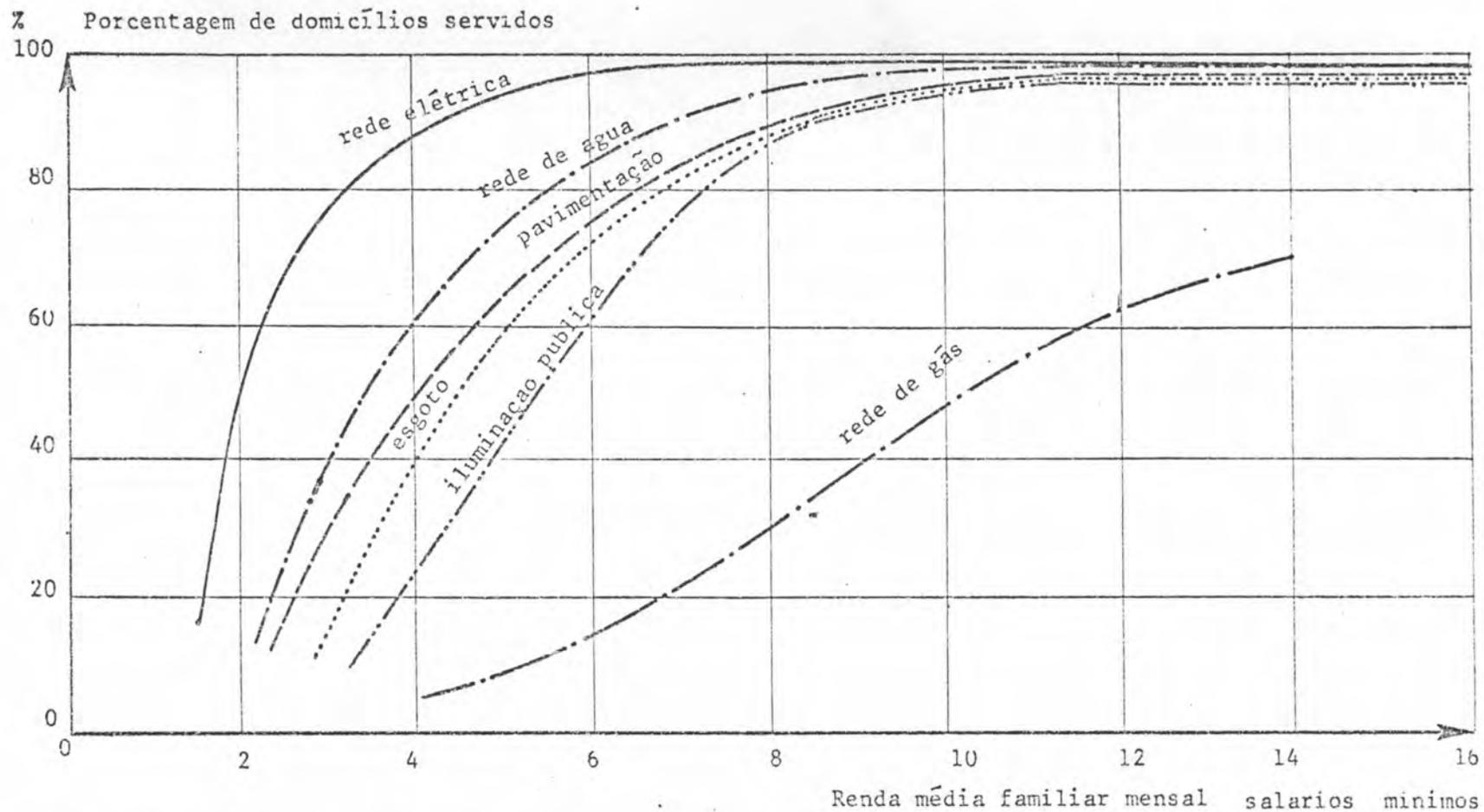


Figura 10 - Porcentagem de serviços em relação a renda média familiar mensal (em salários mínimos), na cidade de São Paulo

Nota : Salário Mínimo vigente em 1970: Cr\$ 187,20

		1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
URBANA	População	x 10 <sup>3</sup>	12.880,3	18.782,9	32.004,8	52.084,9	78.153,3	111.312,7	149.594,9	196.465,6
	Quant. Domicílios	x 10 <sup>3</sup>	2.509,6	3.730,4	6.550,8	10.276,3	14.788,5	19.874,5	25.193,9	30.711,2
	Pop. Domiciliada	x 10 <sup>3</sup>	12.880,3	18.322,5	31.593,2	50.387,1	76.032,1	108.291,5	145.534,7	189.963,9
	Habitantes/domicílio		5,29	5,26	5,42	5,30	5,65	5,99	6,43	6,90
RURAL	População	x 10 <sup>3</sup>	28.356,1	33.161,5	38.987,5	41.054,0	44.878,8	49.085,2	53.685,9	58.718,0
	Quant. Domicílios	x 10 <sup>3</sup>	5.388,1	6.315,8	6.924,6	7.352,5	7.659,7	7.892,6	8.051,9	8.214,4
	Pop. Domiciliada	x 10 <sup>3</sup>	28.356,1	33.161,5	37.575,1	39.580,0	43.290,0	47.347,7	51.785,8	56.639,8
	Habitantes/domicílio		5,20	4,91	4,82	4,90	5,14	5,47	5,77	6,43
TOTAL	População	x 10 <sup>3</sup>	41.236,3	51.944,3	70.992,3	93.139,0	123.032,1	160.397,9	203.280,8	255.183,6
	Quant. Domicílios	x 10 <sup>3</sup>	7.892,7	10.046,1	13.475,4	17.628,6	22.448,2	27.767,1	33.245,8	38.935,6
	Pop. Domiciliada	x 10 <sup>3</sup>	41.236,3	51.584,6	69.168,4	89.967,1	119.322,1	155.639,2	197.320,5	246.603,1
	Habitantes/domicílio		5,26	5,13	5,13	5,10	5,32	5,60	5,93	6,33

Tabela X - Dados básicos de população e domicílios do Brasil nas diferentes décadas.

Fonte: IBGE Censos Demográficos de 1940, 1950, 1960 e 1970

Nota: Os dados de 1980 foram estimados pelo IBGE (Censo de 1970), os dados de 1990, 2000 e 2010 foram estimados levando em consideração as taxas geométricas de crescimento e suas prováveis diminuições.

POPULAÇÃO	URBANA	RURAL	TOTAL
1940	31,2	68,8	100
1950	36,2	63,8	100
1960	45,0	55,0	100
1970	55,9	44,1	100
1980	63,5	36,5	100
1990	69,4	30,6	100
2000	73,6	26,4	100
2010	77,0	23,0	100

Tabela Xa - Distribuição da população (em porcentagem) e sua evolução nas diferentes décadas no Brasil.

Fonte: IBGE Censo Demografico de 1940, 1950, 1960 e 1970

Nota: A distribuição de 1980 foi estimada pelo IBGE ; (Censo de 1970) , as demais surgem da tabela

		1940 a 1950	1950 a 1960	1960 a 1970	1970 a 1980	1980 a 1990	1990 a 2000	2000 a 2010
URBANA	População	3,8	5,4	4,9	4,2	3,6	3,0	2,7
	Quant. Domicílios	5,7	5,7	4,6	3,7	3,0	2,4	2,0
	Pop. Domiciliada	3,4	5,5	4,8	4,2	3,6	3,0	2,7
RURAL	População	1,5	1,6	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9
	Quant. Domicílios	1,6	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2
	Pop. Domicilida	1,5	1,2	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9
TOTAL	População	2,3	3,2	2,7	2,8	2,7	2,3	2,3
	Quant. Domicílios	2,4	2,9	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6
	Pop. Domiciliada	2,2	2,9	2,6	2,8	2,7	2,4	2,2

Tabela XI - Taxas de evolução da população, domicílios e população domiciliada nas diferentes décadas no Brasil.

Fonte: IBGE Censos Demográficos de 1940, 1950, 1960 e 1970

Nota: As taxas de 1970 a 1980 foram estimadas pelo IBGE (Censo 1970) as taxas dos períodos seguintes foram estimados seguindo uma curva decrescente.

	unidade	1949	1959	1970	1980	1990	2000	2010
RENDA NACIONAL (1)	x 10 <sup>9</sup> Cr\$	0,197	1,682	163,453	3.776,0	87.220,0*	2.014.782,0	46.586.764,0
Taxa média anual de evol.	%	-	23,9	51,7	36,9	36,9*	36,9*	36,9*
POPULAÇÃO (2)	hab.	51.944.397	70.992.343	93.139.037	123.032.100	160.397.900	203.280.800	255.183.600
Taxa média anual de evol.	%	-	3,2	2,7	2,8	2,7	2,7	2,3
FAMILIAS (3)	familias	10.046.199	13.475.472	17.628.699	22.448.200	27.767.100	33.245.800	39.738.800
Taxa média anual de evol.	%	-	2,9	2,7	2,4	2,1	1,8	1,8
SALARIO MINIMO (4)	Cr\$	1,20	6,00	187,20	2.744,00	40.222,00	587.568,00	8.641.900,00
Taxa média anual de evol.	%	-	17,4	36,8	30,8**	30,8**	30,8**	30,8**
RENDA ANUAL/Habitante(5)	Cr\$/hab.	3,79	23,70	1.754,9	30.691,0	543.772,0	9.911.324,0	182.561.700,0
RENDA/Hab. em Sal. Mín.(6)	S.M./hab.	3,16	3,95	9,37	11,18	13,51	16,81	21,12
RENDA ANUAL/Familia (7)	Cr\$/fam.	19,63	125,61	9.272,00	168.209,00	3.141.127,00	60.602.602,0	1172.324.378,0
RENDA/Fam. em Sal. Mín.(8)	S.M./fam.	16,36	20,93	49,53	61,3	78,9	102,79	135,60
RENDA FAMILIAR MENSAL(9)	Sal. mín.	1,36	1,74	4,12	5,10	6,50	8,65	11,3
Taxa média anual de evol.	%	-	2,4	8,1	2,1	2,4	2,7	2,8

Tabela XII - Dados básicos de família, renda e suas relações na série selecionada de anos do Brasil.

Fontes: (1) Anuario estatístico do Brasil, 1975 (de 1949 a 1970) de 1980 a 2010 estimado pela taxa de evolução (vide nota). Dados Básicos Fundação: Getúlio Vargas

(2) Anuário estatístico do Brasil, 1975 (de 1949 a 1970) de 1980 a 2010 estimado na tabela

(3) Censos Demograficos do Brasil, IBGE 1950, 1960 e 1970, de 1980 a 2010 estimado na tabela

(4) Emplasa - Sumário de dados da G.S.P. 1978, Dados básicos Fundação Getúlio Vargas: Conjuntura Economica

NOTAS: \* Estimado pela média aritmética da evolução dos anos 1970, 71, 72 e 73

\*\* Estimado pela média aritmética de evolução dos anos 1970 a 1980

(5) = (1)/(2)

(7) = (1)/(3)

(9) = (8)/12 meses

(6) = (5)/(4)

(8) = (7)/(4)

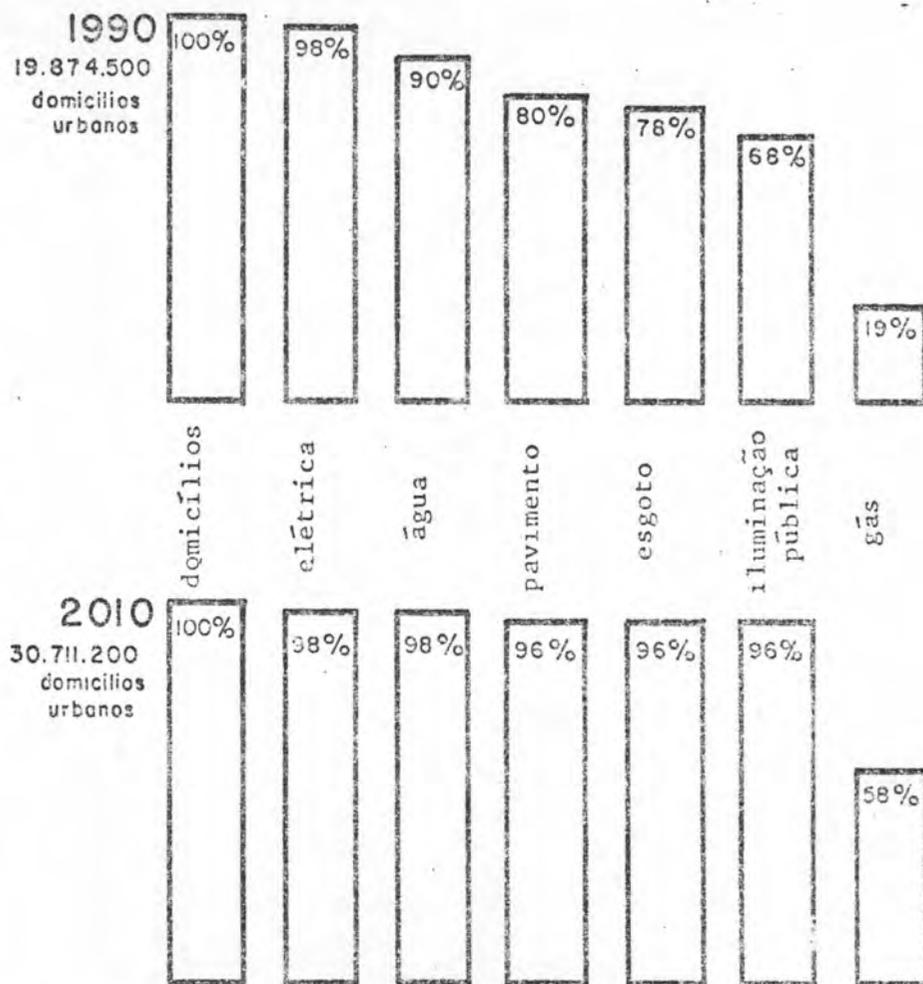
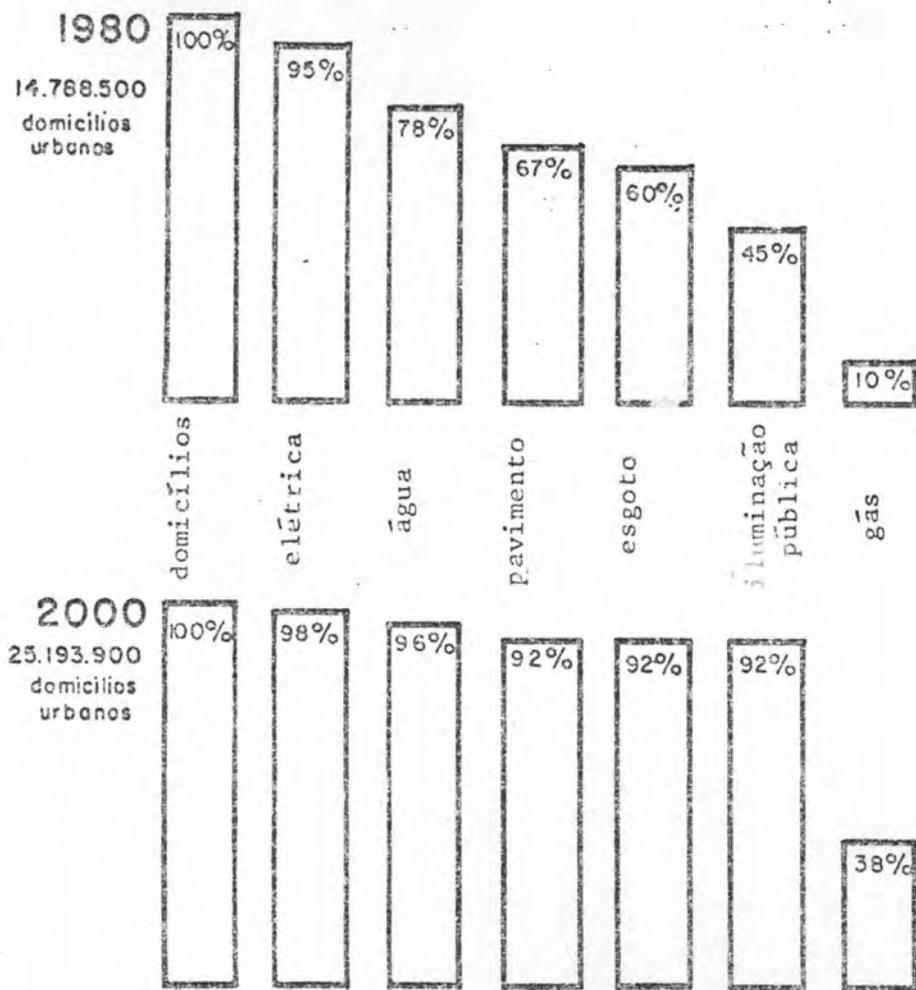


Figura 11 - Demanda provável de serviços urbanos avaliada em porcentagens do total de domicílios nos diferentes anos

Nota: Cada porcentagem foi achada considerando as curvas da figura em correlação com a renda média familiar mensal provável estimada na tabela

REDE	1 980		1 990		2 000		2 010	
	%	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE
ELETRICA	95	14 049 075	98	19 477 010	98	24 690 022	98	30 096 900
ÁGUA	78	11 535 030	90	17 887 050	96	24 186 144	98	30 096 900
PAVIMENTAÇÃO	67	9 908 295	80	15 899 600	92	23 178 388	96	29 482 700
ESGOTO	60	8 873 100	78	15 502 110	92	23 178 388	96	29 482 700
I. PÚBLICA	45	6 654 825	68	13 514 660	92	23 178 388	96	29 482 700
GÁS	10	1 478 850	19	3 776 155	38	9 573 682	58	17 812 500
Nº DE DOMICÍLIOS	100	14 788 500	100	19 874 500	100	25 139 900	100	30 711 200

Tabela XIII- Demanda provável de serviços urbanos nos diferentes anos em quantidade e porcentagem

Nota: Cada porcentagem foi achada considerando as curvas da figura 10 em correlação com a renda média familiar mensal provável estimada na tabela XII. As quantidades multiplicando-se com o nº de domicílios urbanos estimados na tabela X .

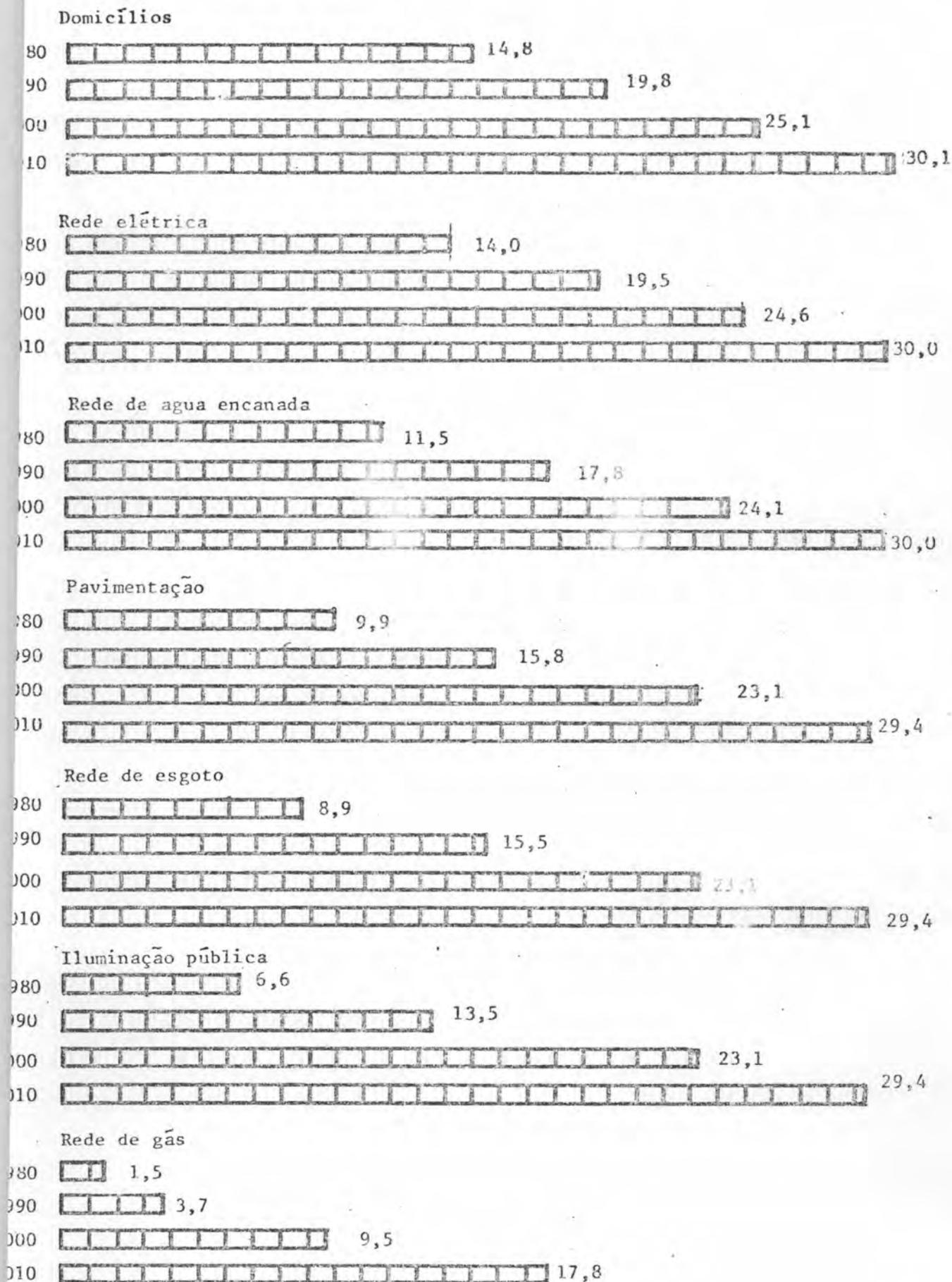


Figura 12 - Evolução provável da demanda efetiva total de serviços urbanos, no Brasil

Nota: Os valores correspondem a milhões de unidades domiciliares que por renda estarão em condições de ter e manter cada serviço urbano em cada um desses anos.

REDES	1 970 a 1 980	1 980 a 1 990	2 000 a 1 990	2 010 a 2 000
ELÉTRICA	5 071 657	5 427 935	5 213 012	5 406 879
ÁGUA	5 122 589	6 352 020	6 299 094	5 910 756
PAVIMENTAÇÃO	4 564 599	5 991 305	7 278 788	6 304 312
ESGOTO	4 926 982	6 629 010	7 676 278	6 304 312
I. PÚBLICA	3 777 450	6 859 835	9 663 728	6 304 312
GÁS	965 033	2 297 905	5 797 527	8 238 818
Nº DE DOMICÍLIOS	4 512 160	5 086 000	5 3 19 400	5 517 300

Tabela XIV- Crescimento necessário de serviços urbanos para a atender a demanda efetiva provável em cada década (seviços novos a realizar)

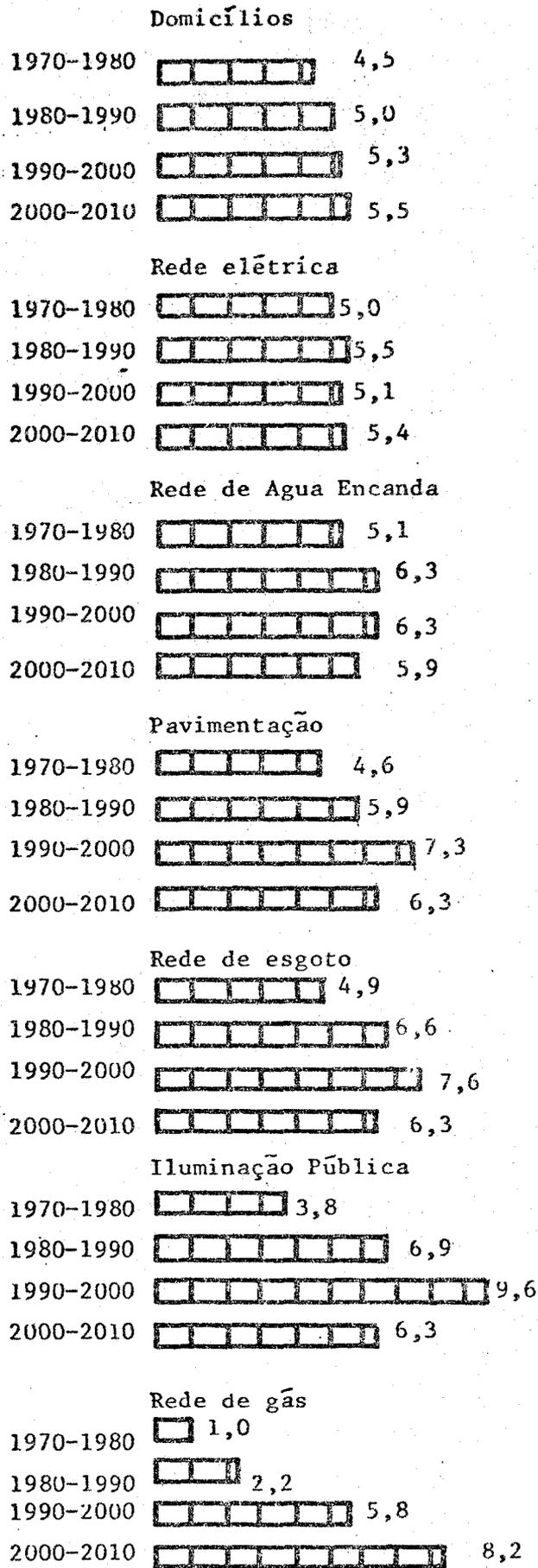


Figura 13 - Crescimento necessário de serviços urbanos para atender a demanda efetiva em cada década

Nota: Os valores correspondem a milhões de serviços domiciliários urbanos que deveriam ser realizados para atender a demanda efetiva provável em cada década.

REDE	ENTRE 1 970 E 1 980	ENTRE 1 980 E 1 990	ENTRE 1 990 E 2 000	ENTRE 2 000 E 2 010
ELÉTRICA	507 166	542 794	521 300	540 688
ÁGUA	512 259	635 202	629 910	591 076
PAVIMENTAÇÃO	456 460	599 130	727 879	630 431
ESGOTO	492 198	662 900	767 628	630 431
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	377 745	685 984	966 373	630 431
Gás	96 503	229 730	579 753	823 882

Tabela XV - Crescimento médio anual de serviços urbanos necessário para atender a demanda efetiva provável (serviços novos a realizar)

Mil Unidades domiciliares a serem incrementadas anualmente  
1.000

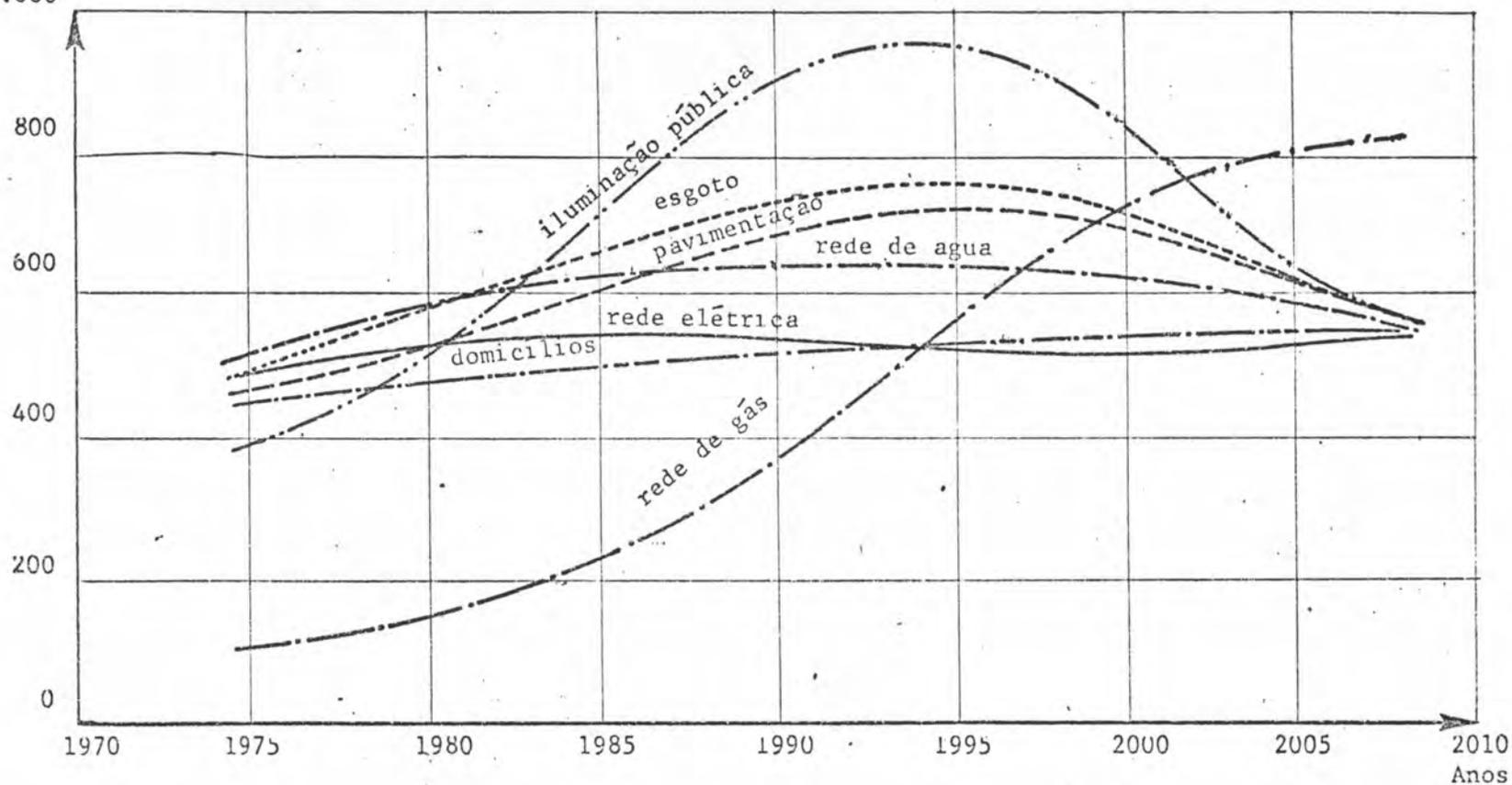


Figura 14 - Crescimento médio anual de serviços urbanos necessários para atender a demanda efetiva provável (serviços novos a realizar)

% Taxa média de incremento anual

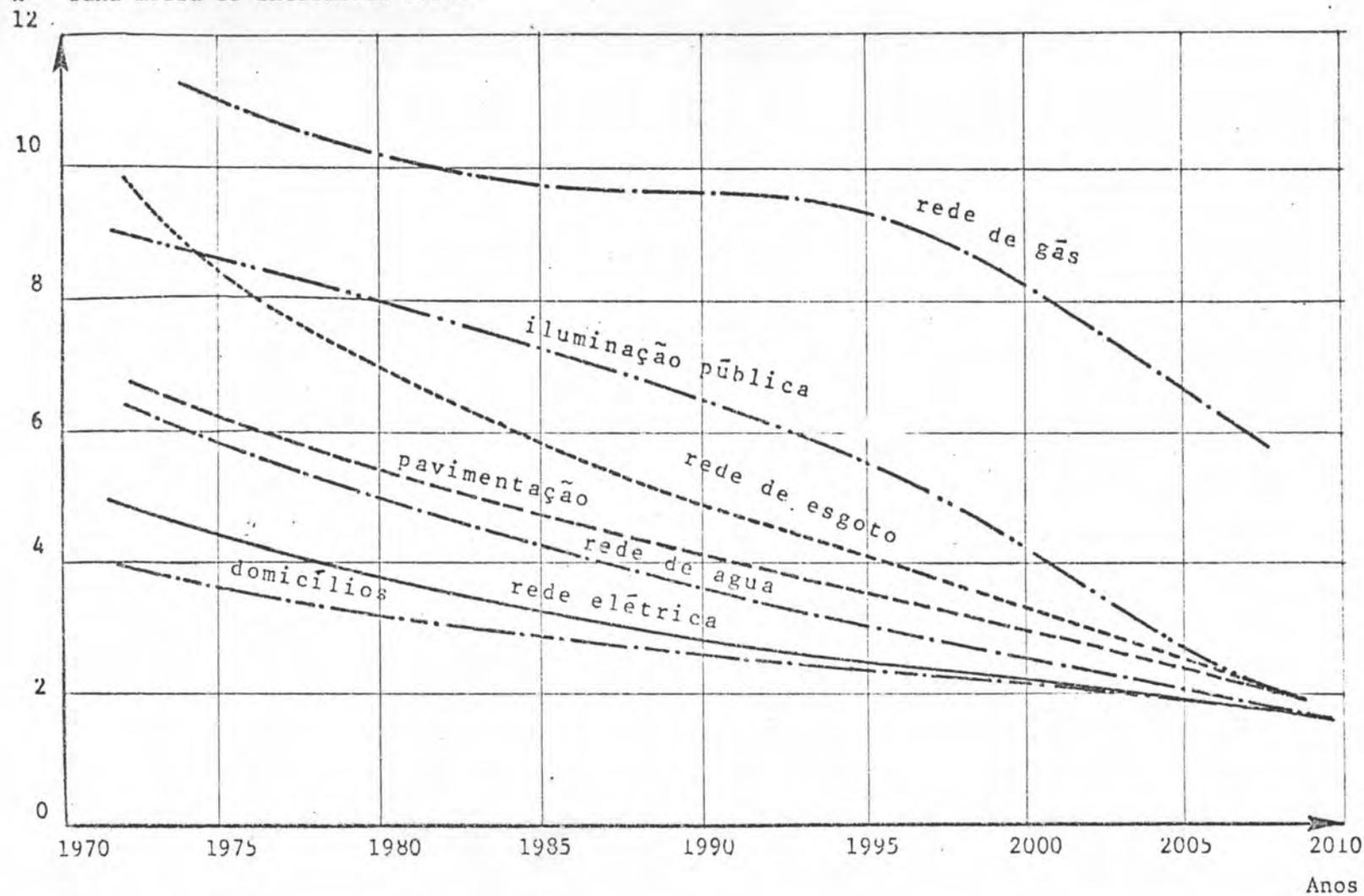


Figura 15 - Evolução da taxa média de incremento anual de serviços

deriam cair para 900 e 1177 milhões de dólares, respectivamente para os mesmos períodos mencionados (tabela XVIB.) vemos que essas importâncias, neste caso, não estariam longe das possibilidades reais. Esta comparação, por si só, já mostra que não é necessário maiores comentários para se avaliar a enorme importância que tem uma ativa coordenação e planejamento entre prefeituras e empresas de serviços, adequando-se assim as leis de uso do solo, os quadros tarifários às reais possibilidades e necessidades do país.

Se assim fosse teríamos, em termos percentuais, uma economia por ano de:

entre 70 e 80	=	49,3%
entre 80 e 90	=	52,0%
entre 90 e 2000	=	51,7%
entre 2000 e 2010	=	49,4%

Na realidade esta economia poderia até ser maior, porque os custos na situação "se não houver uma política urbana" (tabela XVI a.) são mínimos. Assim por exemplo, não inclui ruptura e reparação de pavimentos existentes que em caso de existirem faz crescer os custos das redes de água, esgoto, drenagem e gás em 30 a 40%, conforme o caso.

As economias anuais poderiam ser tão importantes que poderiam facilmente chegar a ultrapassar a casa de 1% do atual PIB brasileiro o que de fato permitiria, se esta quantia fosse aplicada no próprio setor, melhorar as atuais condições dos serviços urbanos ou ainda derivar importantíssimos fundos a outros setores, sem prejuízo do setor em estudo.

Assim teríamos, por exemplo, a colocação de aquecedores solares com subsídio de, digamos, 75% de seu custo, na razão de  $1 \text{ m}^2$  por residência, o que seria mais que suficiente para prover de toda a água quente uma habitação, desde que sua capacidade oscilasse entre 200 e 500  $\text{w/m}^2$  hora.

Estimando-se o custo destes coletores em 20 dólares cada um (tabela XVII) e aplicando-se neles uma pequena parte da economia que poderíamos obter através do mesmo serviço urbano mas com

REDE	ENTRE 70 e 80	ENTRE 80 e 90	ENTRE 90 E 2 000	ENTRE 2 000 E 2 010
ELÉTRICA	374 800	401 120	385 240	399 570
ÁGUA	232 570	288 380	285 980	268 350
PAVIMENTAÇÃO	679 210	891 510	1 083 090	938 080
ESGOTO	450 820	606 550	702 580	576 840
I. PÚBLICA	41 170	74 770	105 330	68 720
GÁS	79 520	189 300	477 710	678 880
TOTAL	1 778 570	2 451 630	3 039 730	2 930 440

a) Se não houver disciplinamento urbano ( $\times 10^3$  US\$ - 1977)

REDE	ENTRE 70 e 80	ENTRE 80 e 90	ENTRE 90 E 2 000	ENTRE 2 000 E 2 010
ELÉTRICA	270 820	289 850	278 370	288 730
ÁGUA	127 550	158 160	156 850	147 180
PAVIMENTAÇÃO	187 610	246 240	299 160	259 110
ESGOTO	252 260	339 400	393 030	322 780
I. PÚBLICA	10 200	18 520	26 090	17 020
GÁS	52 500	124 970	315 380	448 190
TOTAL	900 940	1 177 140	1 468 880	1 483 010

b) Se houver um disciplinamento urbano que otimize os custos de infraestrutura ( $\times 10^3$  US\$ - 1977)

Tabela XVI - Investimentos anuais a realizar para cumprir com a demanda efetiva provável

COMPONENTES	MATERIAL	CUSTO ESTIMADO EM m <sup>2</sup>	
		mínimo	máximo
PLACA COLETORA	ALUMÍNIO OU AÇO	6,5	9,7
COBERTURA TRANSPARENTE	VIDRO	2,7	3,2
ISOLAMENTO TÉRMICO	POLIURETANO	2,7	3,8
RECOBRIMENTO	OXIDOS ETC	0,5	3,8
TOTAL		12,4	20,5

Tabela XVII- Custo de um aquecedor solar por m<sup>2</sup> em dólares 1973

Fonte: Eibling, James A. "A Survey of Solar Collectors"  
 Proceeding of the NSF/RANN julho de 1973

uma política de organização do setor, em curto prazo ficaria totalmente erradicados do país os aquecedores elétricos de água. Isso, por sua vez, renderia economias adicionais nos serviços elétricos domiciliares tanto no que se refere as redes de distribuição, que poderiam ser mais leves, como na capacidade de geração de energia elétrica que poderia ser aproveitada para outros usos.

Devemos recordar aqui que o estudo dos custos dos sistemas de energia elétrica domiciliar deu-se a partir do consumo atual que oscila entorno de 0,3 a 0,6 Kw/família, com uma média de 0,4 Kw/família, e que este consumo é uma função da renda "per capita", tendendo mais que duplicar a cada 10 anos nos países em desenvolvimento (tabela XVIII e figura 16).

Energia Elétrica produção em KWh/cápita

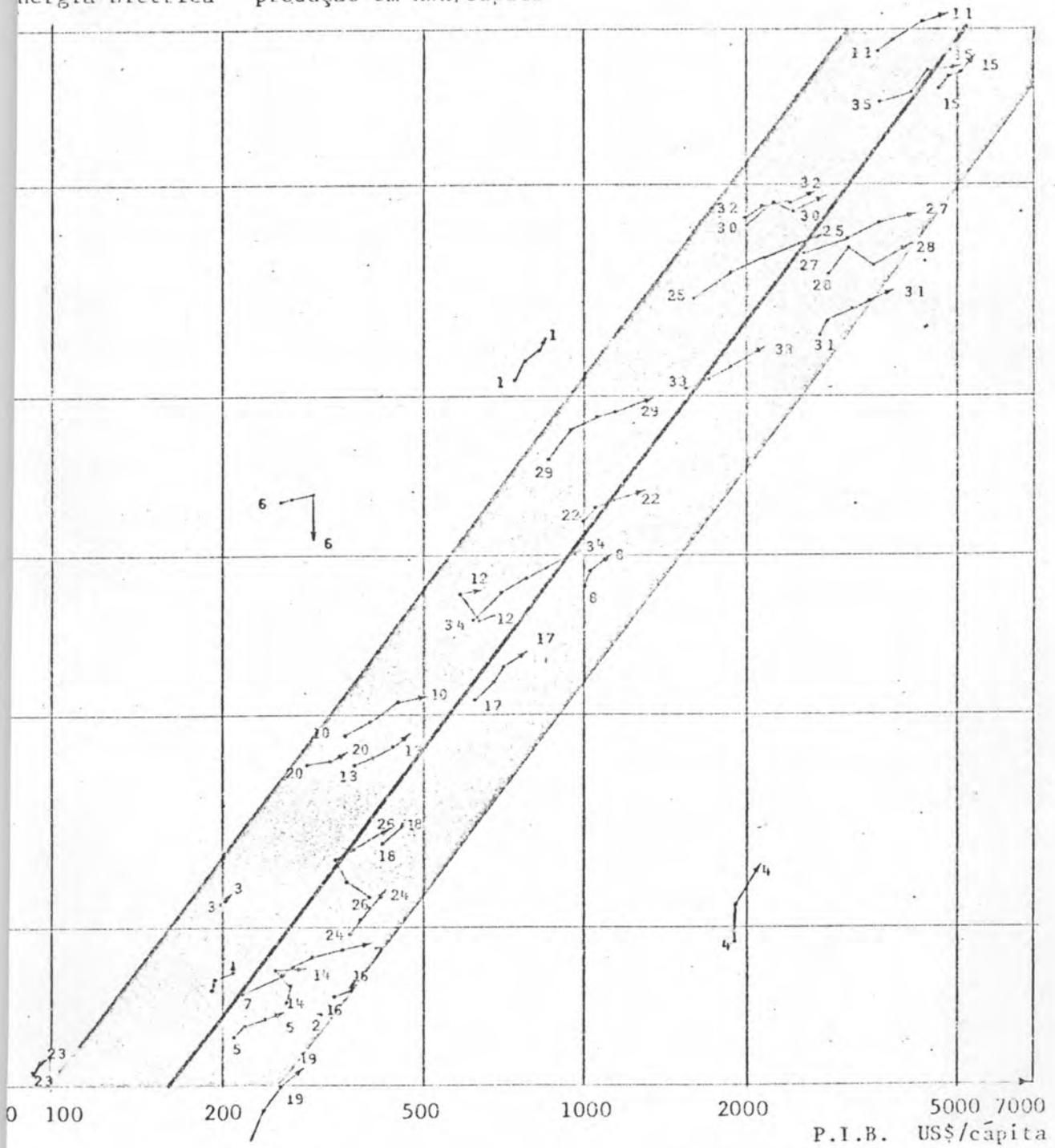


Figura 16 - Correlação entre Renda e Consumo de Energia Elétrica per cápita numa série de países do mundo

P. I. B.		x ENERGIA ELÉTRICA							
p/CÁPITA, EM US\$		PRODUÇÃO EM KWH/CÁPITA							
Nº DE ORDEM E PAIS	1969		1970		1971		1972		
	PIB	ELE	PIB	ELE	PIB	ELE	PIB	ELE	
1 - África do Sul	744	2176	773	2332	833	2458	843	2570	
2 - Argélia	-	-	324	139	-	144	-	-	
3 - Egito	210	220	216	228	-	235	2337	-	
4 - Líbia	1899	188	1919	220	2114	253	2337	-	
5 - Marrocos	222	123	229	130	242	132	276	139	
6 - Rodésia	269	1241	285	1284	312	1318	311	1070	
7 - Tunísia	257	153	277	162	315	178	401	188	
8 - Argentina	1008	878	1078	939	1260	1006	-	1058	
9 - Bolívia	194	152	206	160	219	164	221	168	
10 - Brasil	354	458	400	486	452	530	513	544	
11 - Canadá	3541	9612	3885	9660	4317	10054	4805	10876	
12 - Chile	640	753	684	770	594	848	649	868	
13 - Colômbia	368	398	401	414	442	436	472	458	
14 - Equador	275	144	282	156	267	167	306	172	
15 - Est. Unidos	4578	7684	4799	8026	5121	8315	5551	8875	
16 - Guatemala	342	144	367	152	371	157	400	-	
17 - México	632	538	682	578	712	615	781	645	
18 - Nicarágua	423	287	455	309	471	315	496	-	
19 - Paraguai	240	87	249	90	270	99	298	108	
20 - Peru	302	402	332	407	356	425	379	-	
21 - Uruguai	760	-	837	-	836	-	794	-	
22 - Venezuela	1013	1174	1056	1227	1151	1277	1291	1336	
23 - Índia	92	107	98	112	-	121	-	-	
24 - Iraque	336	197	385	205	430	235	-	-	
25 - Japão	1628	3059	1885	3439	2176	3649	2797	4007	
26 - Turquia	402	228	361	245	345	268	436	304	
27 - Alem. Ocidental	2506	3741	3095	3983	3571	4229	4218	4455	
28 - Dinamarca	2879	3393	3159	3808	3491	3541	4170	3880	
29 - Espanha	864	1555	957	1667	1080	1824	1340	1998	
30 - Finlândia	2011	4197	2251	4596	2473	4509	2869	4813	
31 - França	2772	2606	2851	2764	3175	2900	3823	3161	
32 - Inglaterra	1987	4352	2163	4518	2454	4633	2742	4726	
33 - Itália	1554	2070	1731	2185	1887	2307	2164	2483	
34 - Portugal	637	782	706	861	810	918	989	1037	
35 - Suécia	3697	7325	4094	7596	4431	8277	5157	8526	

Tabela XVIII-Renda e consumo de Energia Elétrica per capita  
numa série de países do mundo

B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA

## LIVROS E PUBLICAÇÕES

- American Gas Association  
A Hydrogen - Energy System - 1973
- Antonio, Wagner de Souza. Eng.  
Drenagem de Estradas- Bueiros Instituto de Pesquisas  
Rodoviárias, 1976.
- Associação Brasileira de Cimento Portland.  
Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis - Método de Hveem, 1976
- Associação Paulista de Empreiteiros de Mão de Obras Públicas  
Caderno de Encargos, São Paulo, 1971
- Assy, Tufi Mamed  
O Emprego da Fórmula Universal de Perda de Carga e as Limitações  
das Fórmulas Empíricas . CETESB. São Paulo, 1977
- Azevedo Netto, José M.  
Manual Brasileiro de Tarifas de Água . Imprensa Universitária ,  
Recife, 1967
- Azevedo Netto, José M. e Alvarez, G. A.  
Manual de Hidráulica(2vols.) Ed. Edgard Blücher Ltda, S. Paulo 1973
- Azevedo Netto, J.M. e outros  
Planejamento de sistemas de Distribuição de Água, CETESB S. Paulo  
1975.  
Sistemas de Esgoto Sanitários, CETESB. São Paulo, 1977  
Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água, Universidade Fe-  
deral do Paraná, 1973
- Babbitt, H. E.  
Abastecimento de Água. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo.
- Banco Interamericano de Desenvolvimento  
Progresso Sócio-Econômico na América Latina. Washington, D.C., 1975
- Basilio, Francisco de Assis. Prof. e Thomaz, C.A.  
Manutenção e Reforço de Pavimentos de Concreto de Cimento Portland-  
ABCP, 1967.
- Basilio, Francisco de Assis  
Pavimentos de Concreto. ABCP, 1975  
Vida Útil das Pavimentações. ABCP.

- Batista, Ciro Rogueira  
Pavimentação Editora Globo, 1975
- Castilho, Antonio de  
Estudo Comparativo de Bases Granulares
- CESP - Centrais Elétricas de São Paulo  
Relatório Anual de 1969 :  
Investimentos, Quadros Demonstrativos à proporção de investimentos.  
Quadro de Tributos sobre a Renda de Energia Elétrica no ano de 1969  
Quadro e gráficos de Evolução dos Sistemas de Transmissão.  
Relatório Técnico Anual de 1970:  
Sistemas de Transmissão e Subestações Transformadoras.  
Normas Técnicas da Cesp  
Instruções para Projetos de Redes Aéreas de Distribuição .  
Cidades Médias e Pequenas do interior DD 1008  
Instruções para dimensionamento das entradas de Consumidores em Redes  
Secundárias ou em Baixa Tensão DD 1002  
Instruções para dimensionamento das Entradas para Edifícios de Apartamentos DD1003  
Listagem de Preços unitários por Estrutura  
Sistema de Gerencia de Obras
- CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
Redes de Esgotos Sanitários (Curso por Correspondencia)  
São Paulo, 1975  
Estimativa de Preços de Unidades de um Sistema de Abastecimento de  
Água no Estado de Minas Gerais . Viana, M. R. e outros . Trabalho  
apresentado ao 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária,  
Belo Horizonte, 1977
- COMGÁS - Companhia Metropolitana do Gás  
Manual de Projeto - Engevix S.A. São Paulo 1972.
- Dacar, N.G.  
Sistemas Urbanos de Água LTC Editora. Rio de Janeiro, 1975
- Della Nina, Eduardo  
Construção de Redes Urbanas de Esgotos. Ed. do Livro Técnico S/A ,  
Rio de Janeiro, 1966.
- D.E.R. - Departamento de Estradas de Rodagem  
Manual de Conservação 1969 São Paulo  
Normas e Instruções, São Paulo, 1969  
Tabelas de Aluguel de Máquinas e Veículos 1977  
Tabela de Preços Unitários 1977

- D.N.E.R. - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem  
Manual de Conservação, 1967  
Manual de Implantação, 1968  
Manual de Pavimentação, Vol 1 e Vol 2 , 1960  
Normas para o Projeto de Estradas de Rodagem, 1973
- Eibling, James A.  
A survey of Solar Collectors Proceeding of the NSF/RANN, 1973
- Emplasa - Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A.  
Sumário de Dados da Grande São Paulo, 1977  
Sumário de Dados da Grande São Paulo, 1978  
Pesquisa Origem Destino, 1975
- Fair, G. M. e Geyer, J. C.  
Water Supply and Waster-Water Disposal, John Wile and Sons Inc.,  
New York, 1954.
- FESB - Fomento Estadual de Saneamento Básico  
Levantamento das Condições sanitárias das Populações Urbanas no  
Interior de São Paulo, São Paulo, 1972
- Garcez, Lucas Nogueira  
Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Ed. Edgard Blücher.  
São Paulo, 1969  
Hidrologia. Ed. Edgard Blücher e Universidade de São Paulo, São Pau  
lo, 1958
- Gas del Estado - Argentina  
Boletim Estadístico Anual , 1976  
Boletim Estadístico Anual, 1977  
Canerías de P.V.C. -curso nº 79 , 1977  
Contrucción de Gasoductos, Ramales, Propanoductos, Estaciones Redu-  
ctoras de Presiõn y Redes de Distribuciõn de Gas a media presiõn .  
Pliego tipo de especificaciones tecnicas generales. Argentina 1966  
Extension de Redes domiciliaries - curso nº 79  
Normas Míminas de Seguridad para el Transporte y Distribuciõn de  
Gas Natural y otros Gases por Canerías 1976  
Novedades, Informaciones Tecnica 1977
- Grill, Airton  
Pavimentos de Concreto. ABCP 1976  
Pavimentos de Concreto de Cimento Portland: Uma Síntese de sua  
Atualidade, com Base na "International Conference du Concrete  
Pavement Design" - XIII Reunião Anual de Pavimentação, Curitiba,  
1977
- Hardenbergh, W. A.  
Abastecimento e Purificação da Água. Serviço Nacional de Saúde Pú-  
blica - 2ª edição, 1958.
- IBG - Instituto Brasileiro do Gás  
Contrução de Redes de Gás - Eng. Salik Farber - 1977  
Gaseificação do Garvão - Eng. Jorge Ademar Araujo, 1977  
Gás Canalizado - Eng. Ademar Fernandez Araujo , 1977  
Gás Natural Eng. Luiz Fernando Mueller Koser, 1977  
Gaseifucação da Nafta- Eng. Luiz Alvaro Gomes Rodrigues, 1977

Inuí, Roberto e Outros

O investimento "per Capita" e as Despesas de Operação e Manutenção no Modelo do Planasa. in: Revista Dae nº 78 Sabesp 1971

Mandarano, Mazzini

Estimativa de Custos para implantação dos serviços de Água e Esgotos. in: Revista Dae nº 79

Estimativa de Custos para implantação dos Serviços de Água e Esgotos. in: Revista DAE nº 78, SABESP, 1971

Marani, Flavio Eng.

Gas de Cidade in: Engenharia Municipal - 1977

Martins, J. A.

Contribuição para o Estudo das canalizações secundárias de Redes de Distribuição de Água Potável. in: Revista DAE, nº 92 - 1973

Mutchnik, Osias

Comportamento dos materiais usados em Ligações Prediais, em Relação a sua Vida e suas implicações econômicas. in: Revista DAE nº 92

Moraes, Arthur

Avaliação de Custos para Implantação de Redes e Interceptadores de Esgotos. in: Empresa de Saneamento da Guanabara - 1975

Nucci, Nelson L. R. e Outros

Estudo Comparativo de seções de Interceptadores de Esgoto in: Revista DAE nº 96 São Paulo SABESP - 1974

Palma, Roberto F.

Profundidades de Coletores, in: Revista DAE nº 83 - 1971

Prado, Luis Cintra do Dr.

Reatores Nucleares e Centrais em Operação no Mundo in: O Estado de São Paulo - 1978

Prefeitura Municipal de São Paulo

Tabela de Composição de Preços de Obras Novas . São Paulo 1977

Rezende, T. C. e Bianconcini, S.

Normas para projetos de Drenagem Urbana in: Revista DAE nº 80. 1971

Sabesp-

Relatório de Diretoria e Balanço 1977 in: Revista DAE nº 116 , 1978

Relatório de Diretoria e Balanço 1976 in: Revista DAE nº 111, 1977

Relatório de Diretoria e Balanço 1975 in: Revista DAE nº 105, 1976

Souza, Nelson de e Outros

Abaco e Considerações gerais sobre o Cálculo da vazão de Dimensionamento de Bueiros in Revista DAE nº 85, SABESP, S.Paulo , 1972.

Veit, Max A. e Outros

Guia para confecção de orçamentos; Fesb. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária- Sabesp, São Paulo, 1971

Yassuda, E. R.

Contribuição para estudo das Vazões de Distribuição em Redes de Água Potável in: Revista DAE nºs 42 e 43 , 1961

Programa de Abastecimento de Água para a Região Metropolitana de São Paulo 1975- 1978 in: Revista DAE 107 , 1976

Diretoria de Planejamento da SABESP. Plano Diretor de Desenvolvimento e Estudo de Viabilidade Global da Sabesp in: Revista DAE nº 114.

- Limpezas e Testes de Tubulação de Gás - Eng. Ademar Fernandes de Araujo, 1978
- Opções Energéticas Não Convencionais Prof. Lauro Salles Cunha, 1977.
- Parques de Armazenamento de G.L.P. Eng. Alfredo Franz Kepller Neto, 1977
- Proteção Catódica Eng. Ademar Fernandes Araujo, 1977.
- Revestimento Eng. Ademar Fernandes Araujo, 1977
- Segurança de Obras Eng. Osvaldo Paulino Filho, 1977
- Sistema de Controle de Mistura Ar/Gás Eng. Millo Claudio Visani Jr. , 1977
- Soldagem de Tubos de Aço Eng. Marcio Rosales, 1977
- Institute of Gas Technology  
Clean Fuels from Coal - Symposium Papers- Chicago, 1973
- IBCE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Censo Demografico de 1940  
Censo Demografico de 1950  
Censo Demografico de 1960  
Censo Demografico de 1970  
Censo Predial, Região Sudeste, 1970  
Anuário Estatístico do Brasil , 1975
- Instituto de Pesquisas Rodoviárias.  
Reabilitação de Pavimentos - Materiais e Técnicas ,1975
- Guia para Projeto Estrutural de Estradas com Pavimentos Betuminosos em Países Tropicais Road Research Laboratory, 1971
- Leme, Francisco P.  
Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários Cetesb. São Paulo, 1977
- Ligório, P. E. Eng.  
Emprego de Blocos de Concreto sextavados, Pré-Moldados e Articulados em Pavimentação - Blokret - Pavimentações Articuladas S.A.
- Machado, Adervam  
Métodos Gráficos na Engenharia. Ed. Mac Graw Hill do Brasil Ltda . São Paulo, 1975
- Mattos, Aloysio B. O. de Eng.  
Cálculo da Estrutura de Pavimentos Flexíveis IPR, 1975
- Michelim, Renato  
Drenagem Superficial e Subterrânea de Estradas Ed. Mulilibbri . Porto Alegre, 1975
- Misawa, Tetsuaki e outros  
Construção de Sistemas de Distribuição de Água, São Paulo, 1975
- Motesani, Otávio  
Escolha Econômica de uma Estrutura de Pavimentação IPR
- Nina, Ademar  
Construção de Redes de Esgotos Sanitários. Cetesb. São Paulo 1975
- Occhipinti, A. G. e Marques, P.  
Análise das Máximas Intensidades de Chuva na Cidade de São Paulo Instituto Agronomico e Geofísico da U.S.P. São Paulo, 1975

- Oliveira, Walter Engracia de  
Saneamento e Planificação- Tese apresentada à Comissão Julgadora do concurso para provimento do cargo de professor-catedrático de Saneamento Geral da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1964
- O.N.U - Organização das Nações Unidas  
Manual de projetos de Desenvolvimento Economico (Manual de Projectos de desarrollo económico). México D. F. , 1958
- Pereira, Armando Martins Eng.  
Um Método Expedido de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígido
- Pfafsteter, Otto  
Chuvvas Intensas no Brasil- Departamento Nacional de Obras de Saneamento. Rio de Janeiro, 1957
- Pini, Editora  
Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. Ed. Pini S.Paulo , 1977  
Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos - 1975
- Pitta, Marcio Rocha  
Dimensionamento da Espessura de Pavimentos Rodoviários de Concreto ABCP 1977  
Concreto Magro - Aplicações em Pavimentação ABCP 1975  
Projeto de Juntas em Pavimentos de Concreto ABCP 1976
- P.M.S.P. - Prefeitura Municipal da São Paulo  
Atlas das Administrações Regionais(16 volumes) - 1974  
Normas: I. Terminologia - Métodos de Ensaio, III. Especificações de Materiais, IV. Instruções de Execução  
Tabela de Preços Unitários  
Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis  
Pavimentação de Vias Públicas, Instruções de Execução, 1967  
Reparação de Pavimentos Públicos, Construções de Reparação 1976
- Ray, Gordon K.  
Tendencias Atuais dos Pavimentos de Concreto. ABCP, 1976
- I Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica  
Estudo sobre o Emprego de Condutores de Alumínio em Redes de Distribuição  
Transmissão de Energia Elétrica em Linhas Aéreas - Fudrs, Rubem Dario - Tomo I
- I Seminário Técnico da Light  
Método Computacional para Avaliação de Custos de Sub-Estações Transformadora de Alta Tensão  
Considerações sobre a Relação entre a regulação e o Planejamento do Sistema de Distribuição
- III Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - São Paulo 1966  
Cálculo de Potência de Curto-Circuito em Redes de Distribuição Aérea - Programa de Computação
- IV Seminário de Distribuição de Energia Elétrica - Manaus  
Critérios para projetos de distribuição de energia elétrica

- Senço, Wlastermiler  
Pavimentação. Editora D.P.L
- Servicios Electricos Gran Buenos Aires  
Gerencia d Distribuição y Ventas  
Líneas aéreas de baja tension, disposición horizontal.  
Reglamento tecnico para instalaciones de alumbrado publico  
Recomendaciones basicas generales para la conformación del sistema de distribución  
Estudio de Comparación de Costos de redes de distribución convencional y pre-ensambladas- Osvaldo Galuppo Ing. , 1976  
Líneas aéreas y instalaciones aéreas pesadas, línea aérea urbana de 13,2 kW
- Souza, Murillo Lopes de Eng.  
A Problemática do Dimensionamento de Pavimentos. IPR
- Souza, Nelson de e outros  
Hidrologia Básica. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1976
- Sobrevila, Marcelo A  
Centrales Electricas  
Instalaciones Electricas
- Steel, Ernest W.  
Abastecimento de água e sistemas de esgotos (Abastecimiento de agua y alcantarillado) Ed. Gustavo Gili , Barcelona, 1953
- Tecnosan Engenharia S.A.  
Trabalhos elaborados pela equipe técnica da Tecnosan - Trabalho apresentado no 9º congresso brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, 1977
- Terrace, John  
Notes of Gas distribution, for gas engineers and students  
Ed. Ernest Been Limited, London, 1952
- Thomaz C.A.  
Consumo do Petróleo em obras de Pavimentação. ABCP  
Execução de Pavimentos de Concreto . ABCP  
Construção de bases de solo cimento pelo processo de Mistura em Pista. ABCP  
Construção de bases de solo cimento pelo processo de Mistura em Usina. ABCP
- Tiratsoo. Eng.  
Natural Gas. A study, Scientific. Ltd. Blacondsfild, England, 1972
- Torrequisar. Ing. y otros  
Agua y Energia Electrica, Buenos Aires, 1970
- Veiga, Ari Piantã. Eng.  
Reparações de Pavimento de Concreto. IPR. 1975
- Wilken, Paulo S.  
Águas Pluviais. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1971  
Normas da Prefeitura do Município de São Paulo para Sistemas de Drenagem Pluvial. PMSP, São Paulo, 1974

## ARTIGOS DESTACADOS

- Afini Junior, Bento  
Fundos de Vale in: Revista DAE nº 90, SABESP, São Paulo, 1973  
Demografia Urbana. in: Revista DAE, nº 70, SABESP, 1973
- Alvarez, G.A e Botelho, M.H.  
Pesquisa sobre as principais características das redes públicas de distribuição de água visando sua estimativa de custo. in: Revista DAE, nº 70, SABESP, São Paulo
- Alcantara, Ulysses M.A. de  
Roteiro para o projeto de Galerias pluviais de secção circular. in: Revista Engenharia Sanitária, nº 1, Rio de Janeiro, 1962
- Andrade, Ruben D.  
Corrosão de condutos de concreto para esgotos: causas e remédios, in: Revista DAE, nº 101, SABESP, 1975
- Assitencia Reciproca Petrolera Estatal Latino  
Investigacion Operativa. Aplicacion de modelos matematicos en areas de industria petrolifera, Boletim Tecnico, 1977
- Assy, T.M.  
Método de cálculo das redes hidráulicas. in: Revista DAE, nº 70, SABESP, 1968
- Assy, T.M e outros  
Métodos de cálculos das redes hidráulicas por computador digital. in: Revista DAE, nº 72, SABESP, 1969
- Avelar, V.A.B.  
Programa para o cálculo de redes de abastecimento de água com o auxílio de computador digital. in: Revista DAE, nº 74, 1969
- Azevedo Neto, José M.  
Otimização econômica dos projetos de esgotos. in: Revista DAE, nº 105, SABESP, 1976  
Juntas de tubos cerâmicos. in: Revista DAE, nº 106, 1976  
A localização de estações de tratamento de esgotos. in: Revista DAE, nº 114, SABESP, 1977
- Camano, Alcindo C.  
Forma Pneumática Tubular para Construção de Emissários de Esgotos. in: Revista DAE, nº 102, SABESP, 1975  
Mini Shield para construção de emissários de esgotos. in: Revista DAE, nº 102, SABESP, 1975
- Cantanhede, H.C.W. e Mourthê P.M.  
Drenagem Pluvial em bacias Urbanas I e II. in: Revista Saneamento, volume 50 e 51, Rio de Janeiro, 1976-77
- CETESB  
Projeto de Galerias Pluviais (anteprojeto de normas). CETESB, São Paulo, 1976
- Fontenele, José A.T.  
O problema tarifário e a viabilidade da empresas de saneamento. in: Revista DAE, nº 105, SABESP, São Paulo, 1976
- Goldenberg, J. Dr.  
Potencial Hidroelétrico disponível no Brasil in: O Estado de S. Paulo - 1978

NORNAS DA A.B.N.T. - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

P- NB - 37/61 - Coletores de Esgotos Sanitários

NB-77 - Norma para Projeto e Execução de Tubulações de Pressão de Cimento-Amianto.

P- NB - 115/64 - Norma para execução de tubulações de Pressão de Cimento-Amianto

P- NB-125 - Execução de tubulações de Pressão de Polietileno de Alta Massa específica e de Polietileno de Baixa Massa Específica com Juntas

NB-126/66 Projeto e Execução de Tubulações de ferro fundido Centrifugado de Ponta e Bolsa para Conduzir Água Fria sob Pressão

P- NB- 566/75 Elaboração de Relatório Preliminar de Sistemas de Esgotos Sanitários.

P- NB-567/75- Elaboração de Projetos de Redes de Esgotos Sanitários

P- NB-568/75- Elaboração de Projetos de Interceptadores de Esgotos Sanitários

P- NB-570/75 - Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitário de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários.

P- NB- 587 - Elaboração de Estudo de Concepção de sistemas públicos de Abastecimento de Água.

P- NB- 588 - Elaboração de Projetos de Póços Tubulares Profundos para Captação de Água Subterrânea

P- NB- 589 Elaboração de Projetos Hidráulicos de Sistemas de Captação de Água de Superfície para abastecimento Público

P- NB- 590 Elaboração de Projetos de Sistemas de Bombeamento de Água para Abastecimento Público

P- NB- 591 - Elaboração de Projetos de Sistemas de Tratamento de Água para o Abastecimento Público

P- NB-592- Elaboração de Projeto de Sistemas de Adução de Água para abastecimento Público

P- NB-593 Elaboração de Projetos de Reservatório de Distribuição de Água para abastecimento Público

P- NB. 594 Elaboração de Redes de Distribuição de Água Potável para abastecimento Público

TB- 7-1969- Terminologia e Classificação de Pavimentação

TB27- 1969 Materias Betuminosas para Pavimentação.

EB - 5/77 Tubos cerâmicos

EB - 6/60 Tubos de concreto simples de secção circular com ponta e bolsa

EB - 69/74 Tubos de cimento amianto para esgotos sanitário

EB -103/57 Tubos de concreto armado de secção circular

EB -137/64 Tubos de ferro fundido centrifugado para líquidos sob pressão, com junta elastica

## CATÁLOGOS

"Asfalto Chevron". Emulsões Catiônicas.  
 "Barber Greene Company". Usinas Gravimétricas  
 "Blokret". Pavimentações Articulasdas S.A.  
 S.A. Tubos Brasilit - Catálogo Geral de Saneamento  
 "Caterpillar". Product Line  
 Cerâmica Martini S.A.  
 Companhia Metalurgica Barbarã - Catálogo Geral  
 Confab Industrial - Divisão de tubos, 1978  
 "Dynapac Equipamentos Industriais Ltda"  
 Indústria Nacional de Artefatos de Cimento S.A.  
 Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo - Catálogo de hidrômetros  
 Pirelli - Tabela de preços de cabos elétricos  
 Tubibra - Cia. Indústria de Tubos de Concreto  
 "Uni-Stein". Pavimentação. Articulado intertravado  
 Urucum Comércio e Indústria Ltda.  
 Arcorfalt - Tratamento para Pavimentos de Concreto Asfáltico  
 Válvulas Industriais - Catálogo - 1978

## REVISTAS

Construção São Paulo, Editora Pini Ltda., vários números  
 Dirigente Construtor  
 Engenharia Municipal  
 Informativo do Instituto Brasileiro do Gás - Boletim , vários números, 1977/78  
 Pesquisa Rodoviária. IPR  
 Revista DAE, SABESP, vários números  
 Revista do Gás, vários números